

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО -ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА “ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ”

Методическое пособие

по курсу “ **Основы теории надежности и диагностики**”

Для подготовки бакалавров направления 5521200 “Эксплуатация и ремонт
транспортных средств”

Ташкент 2008

Данное методическое пособие составлено на основании типовой и рабочей программ дисциплины «Основы теории надежности и диагностики». В нем изложены техническое состояние, работоспособность, причины изменения технического состояния, показатели свойств надежности, испытание, сбор и обработка информации по надежности транспортных средств (ТС), применение показателей надежности в технической эксплуатации (ТЭ), вопросы диагностирования технического состояния ТС, методы, средства и эффективность технической диагностики.

Пособие утверждено на заседании кафедры от ноября 2008г. протокол №
Зав. кафедрой проф. К. М. Сидикназаров

Утвержден научно-методическим советом (НМС) по специальным
дисциплинам ТАДИ _____ от _____ 2008 г. Протокол № _____

Председатель
НМС по специальным
дисциплинам
проректор

доцент М.М. Арипжанов

Составители:

доцент к.т.н. Асатов Э.А.
доцент к.т.н. Таджибаев А.А.
доцент к.т.н. Кузнецов Н.В.

Рецензент

доцент к.т.н. Я.П. Назаркулов

Выходные данные:

формат No _____ Заказ _____ Тираж _____

Объем _____ Печ.лист _____ М.У. ТАДИ _____

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Предмет науки о надежности транспортных средств.

1.2. Философские предпосылки проблемы надежности.

1.3. Экономические аспекты надежности.

1.4. Задачи, структура курса и его роль в подготовке бакалавров по эксплуатации транспортных средств.

1.1. Предмет науки о надежности транспортных средств

Надежность отражает свойство транспортных средств (ТС) сохранять требуемые качественные показатели в течение всего периода эксплуатации.

Решение проблемы надежности ТС - это огромный резерв повышения эффективности производства, производительности труда.

Особенностью проблемы надежности является ее связь со всеми этапами проектирования, изготовления и эксплуатации ТС.

В условиях технической революции, практика, с ее разнообразными запросами в области проектирования, производства и эксплуатации ТС, ставит перед наукой о надежности новые задачи выбора оптимальных конструктивных решений по прогнозированию состояния ТС, диагностике, обеспечению работоспособности в тяжелых условиях эксплуатации и при возникновении неожиданных ситуаций.

При решении вопросов надежности используется теория вероятностей, физико-химическая механика, включая теорию трения и изнашивания, разделы динамики и прочности машин и др.

Наука о надежности изучает закономерности изменения показателей качества технических устройств и систем, и на основании этого разрабатываются методы, обеспечивающие с наименьшими затратами времени и средств необходимую продолжительность и безотказность работы ТС.

1.2. Философские предпосылки проблемы надежности

Рассматривая надежность с позиций диалектического материализма, следует в первую очередь ответить на два связанных между собой вопроса:

Во - первых, является ли потеря машиной с течением времени своих начальных характеристик обязательным процессом?

Во - вторых, какие философские категории и закономерности определяют методологический аспект проблемы надежности.

Любая машина, выполняя определенные функции, находится во взаимодействии с окружающей средой, с человеком, управляющим машиной, с объектом, для которого она предназначена.

При этом возникают разнообразные причинно - следственные связи - как формы проявления всеобщей универсальной связи явлений в природе.

Накопление количества различных воздействий на машину приводят к эволюции ее качественных показателей, и в соответствии с законами диалектики, к возможности перехода в иное качественное состояние. Надежность изделия является одним из основных показателей его качества. В философском понимании качество- это неотъемлемая от объекта совокупность признаков, выражающая его специфику и отличие от других объектов или явлений.

1.3. Экономический аспект надежности

Оценка достигнутого уровня надежности и необходимость его повышения должна решаться в первую очередь с экономических позиций, т.е. экономика является основным критерием для решения большинства практических вопросов надежности.

Затраты могут быть настолько высоки, что эффект от повышения надежности объекта не возместит их, и суммарный результат от проведенных мероприятий будет отрицательным.

Изменение экономической эффективности ТС во времени при эксплуатации складывается под влиянием двух основных факторов:

1. Затраты на изготовление нового ТС $-Q_{и}$ (включая проектирование, изготовление, испытание, отладку, транспортировку).

2. Затраты на эксплуатацию $Q_{э}$ (включая ТО и ремонт).

Эти затраты $Q_{и} + Q_{э}$ являются отрицательным в балансе эффективности.

С другой стороны, работа(доход) ТС $Q_{р}$ даёт положительный экономический эффект.

$Q(L)$ - суммарная эффективность

$$Q(L) = Q_{р}(L) - (Q_{и} + Q_{э}(L)), \quad (1)$$

При $l=L_{ок}$ будет являться сроком окупаемости, начиная $l=L_{ок}$ с которого ТС начнёт приносить прибыль. Однако приросты полученного эффекта постепенно снижаются из-за возрастания эксплуатационных затрат до $l=L_{пр}$

$Q_{р}(L) = (Q_{и} + Q_{э}(L))$ затраты на эксплуатацию больше того экономического эффекта.

$L_{пр}$ - предельный срок службы.

L_{max} - срок службы машины при максимальной эффективности.

Длительность экономически целесообразной эксплуатации ТС $T_{э}$ находится в диапазоне $L_{max} < L_{э} < L_{пр}$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что изучают наука о надежности?
2. Что такое качество в философском понимании?
3. Как определяется достигнутый уровень надежности в первую очередь?
4. Как определяется суммарная эффективность транспортных средств?
5. При каких случаях сумма затрат на изготовление и эксплуатацию равняется к экономической эффективности?

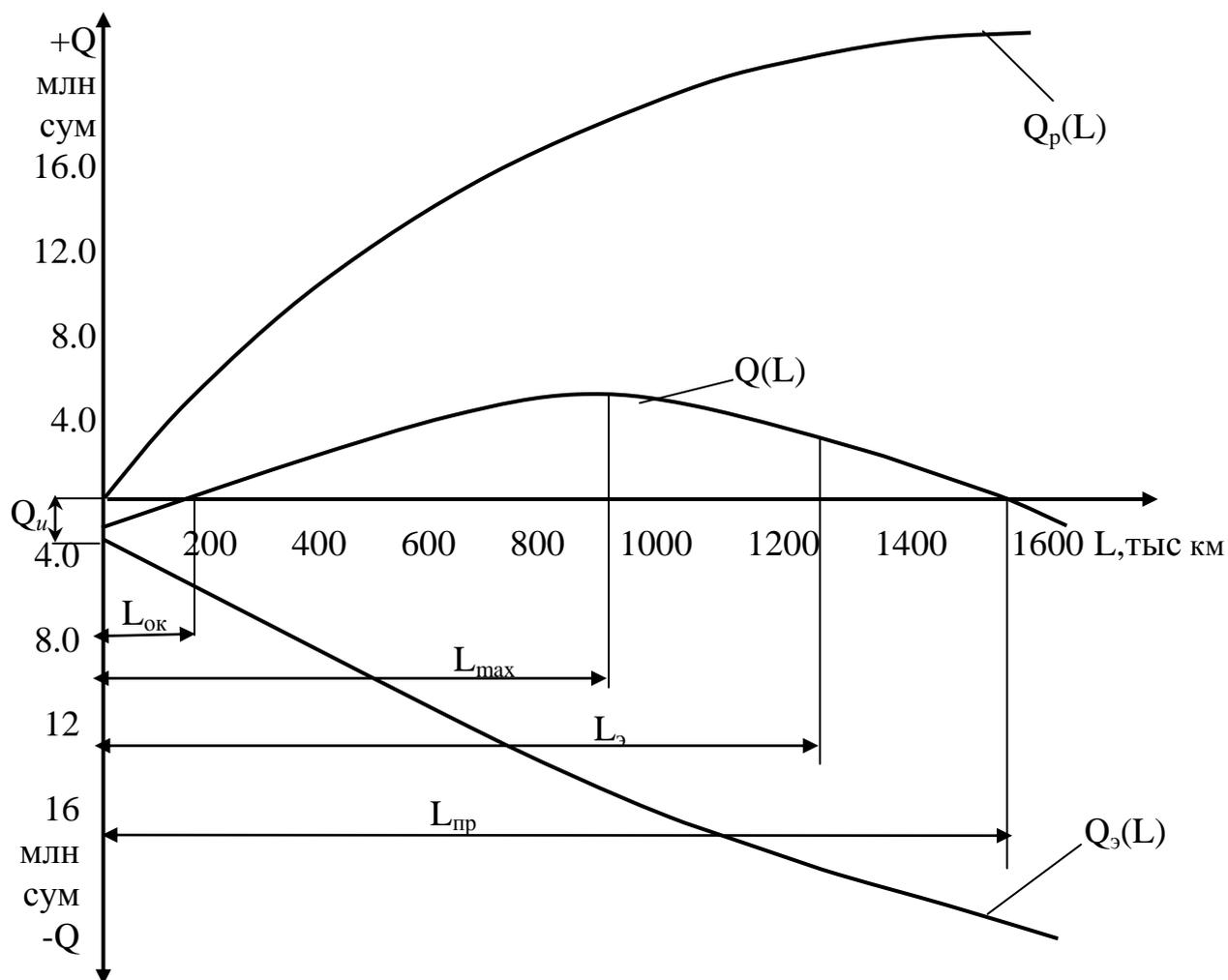


Рис.-1. Изменение экономической эффективности ТС во времени

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

1. Надежность
2. Проектирование транспортных средств
3. Изготовление транспортных средств
4. Эксплуатация транспортных средств
5. Качество
6. Экономический аспект надежности
7. Затраты на изготовление ТС
8. Затраты на эксплуатацию ТС
9. Срок окупаемости
10. Предельный срок службы
11. Эффективность ТС

ЛИТЕРАТУРА

[6] стр.3-16

ТЕМА- 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

2.1. Понятие и показатели технического состояния и работоспособности транспортных средств.

2.1. Отказ- как событие, нарушающее работоспособность транспортных средств.

2.3. Классификация отказов.

2.3.1. По источнику возникновения (конструктивные, технологические и эксплуатационные).

2.3.2. По характеру возникновения (постепенные и внезапные).

2.3.3. По связи с отказами других элементов (зависимые и независимые).

2.3.4. По месту возникновения (линейные и заявочные).

2.1. Понятие и показатели технического состояния и работоспособности транспортных средств

Техническое состояние изделия или его элемента определяется совокупностью изменяющихся свойств, характеризующихся текущими значениями, т.е. количественными показателями конструктивных параметров:

Для двигателя это – размеры деталей ЦПГ, для тормозов- размеры тормозных накладок, барабанов и зазоры между ними (Рис.2).

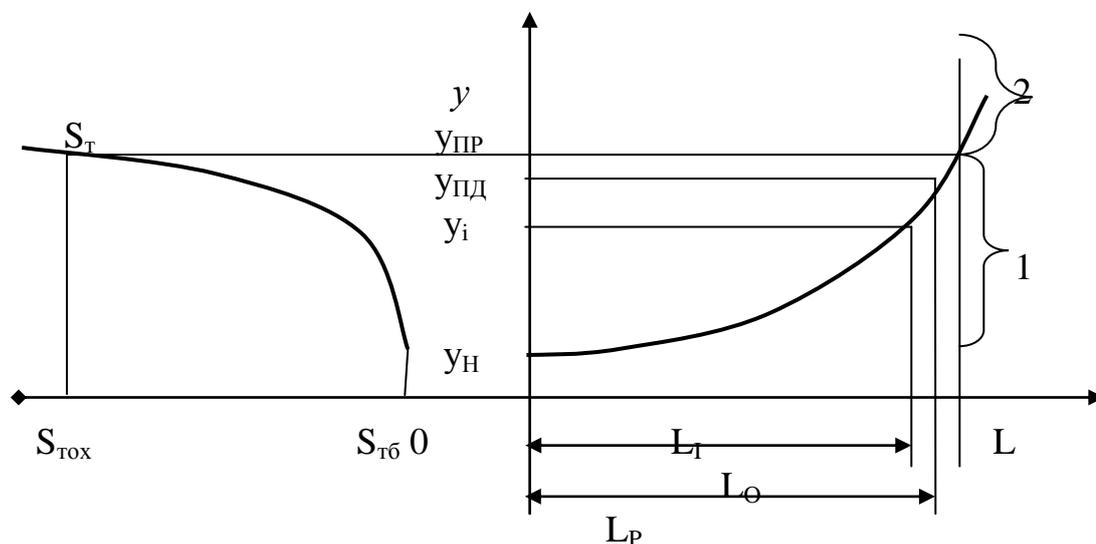


Рис.-2. Изменение показателей технического состояния Y , диагностического параметра S в зависимости от пробега

1-зона работоспособности;

2- зона отказа;

Y_n - начальное или номинальное значение технического состояния;

Y_p - предельное значение технического состояния;

Y_{pd} - предельно допустимое значение технического состояния;

L_p - наработка до предельного состояния (ресурс);

L_o - оптимальная периодичность регулировки.

Различают параметры:

1. **выходных рабочих процессов** (мощность двигателя, тормозной путь.);
2. параметры **сопутствующих процессов** (температура нагрева, уровень вибрации, содержание продуктов износа в масле);
3. **геометрические** (конструктивные) параметры, определяющие связи между деталями в сборочной единице и между отдельными агрегатами и механизмами (зазор, ход, посадка и др.).

Продолжительность работы изделия в часах или километрах пробега называется **наработкой**.

Наработка до предельного состояния оговоренного технической документацией, называется **ресурсом**.

L_p - это ресурс, в интервале пробега $0 \leq L_i \leq L_p$ (зона работоспособности); условия работоспособности $Y_n \leq Y_i \leq Y_p$.

Если изделие удовлетворяет требованиям нормативно-технической документации по всем показателям, то оно считается исправным.

Если параметры изделия, характеризующие его способность выполнять заданные функции, соответствуют установленным нормативно - технической документацией требованиям, то оно признается работоспособным.

Изделие может выполнять свои основные функции, но не отвечать всем требованиям технической документации, то оно считается работоспособным, по неисправным.

ОТКАЗ- это событие, заключающееся в нарушении работоспособности, т.е. при этом прекращается транспортный процесс.

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ- состояние изделия, при котором оно может выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Под **неисправностью** изделия понимают такое его состояние, когда оно не соответствует хотя бы одному из требований технической документации.

2.3. Классификация отказов

Классификация отказов необходима для выявления причин их возникновения и разработке мер по предупреждению и устранению. Существует несколько классификационных признаков отказов.

1. по источнику возникновения различают отказы:
 - **конструктивные**, возникающие вследствие несовершенства конструкции.
 - **производственные**, являющиеся следствием нарушения или несовершенства технологического процесса изготовления или ремонта изделия.
 - **эксплуатационные**, вызванные нарушением действующих правил эксплуатации.

2. По характеру возникновения и возможности прогнозирования различают отказы:

- **постепенные**, возникают в результате изменения показателей технического состояния изделия, чаще всего вследствие изнашивания;

- **внезапные**, для них характерен внезапный переход изделия из начального исправного состояния в состояние отказа.

3. По связи с отказами других элементов отказы бывают:

- **зависимые**, обусловленные отказом или неисправностью других элементов изделия (отказ аккумуляторной батареи из-за неисправности реле-регулятора).

- **независимые**, не обусловленные отказами или неисправностями других элементов изделия (прокол шины на дороге).

4. По месту возникновения отказы бывают:

- **заявочные**, выявляются по заявкам водителя и устраняются при ТО или в нерабочее время)

- **линейные**, отказы устраняемые на линии

Вопросы для самоконтроля

- 1.Что такое техническое состояние и изделия?
- 2.Что такое работоспособность ТС?
- 3.Перечислите параметры технического состояния ТС?
- 4.Расскажите условия работоспособности ТС?
- 5.По каким признакам классифицируются отказы?

Ключевые слова

- 1.Техническое состояние транспортных средств
- 2.Работоспособность ТС
- 3.Выходные параметры технического состояния
- 4.Параметры сопутствующих процессов
- 5.Геометрические параметры технического состояния
- 6.Наработка
- 7.Ресурс изделия
- 8.Периодичность ТО
- 9.Начальное (номинальное) значение технического состояния
- 10.Предельное значение технического состояния
- 11.Отказ
- 12.Неисправность
- 13.Классификация отказов
- 14.Условия работоспособности
- 15.Конструктивные отказы
- 16.Производственные отказы
- 17.Эксплуатационные отказы
- 18.Внезапные отказы
- 19.Постепенные отказы
- 20.Заявочные отказы
- 21.Линейные отказы
- 22.Зависимые отказы
- 23.Независимые отказы

ЛИТЕРАТУРА

[2] стр.16-19; [6] стр.20-25

Тема 3. ПОНЯТИЕ О СТАРЕНИИ И ИЗНАШИВАНИИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- 3.1. Изнашивание, износ и факторы, влияющие на них.
- 3.2. Классификация видов изнашивания.
- 3.3. Характерные закономерности изнашивания деталей транспортных средств.

3.1. Изнашивание, износ и факторы, влияющие на них

Трение-взаимодействие между телами, возникающее в месте их соприкосновения и препятствующее их относительному перемещению.

Изнашивание- изменение размеров, формы, массы или состояния поверхности в следствие разрушения поверхностного слоя изделия и накопления его остаточной деформации.

Износ-результат изнашивания.

Факторы, влияющие на износ.

Усталость материала - изменение свойств материала при длительном воздействии циклических напряжений, приводящее к его разрушению. Встречается в условиях эксплуатации у таких деталей как рамы, подвеска, полуоси, валы.

Старение – процесс усталостного изменения во времени первоначальных свойств материалов под воздействием внешних факторов или внутренних причин. Старению подвержены резино-технические изделия РТИ.

Деформация - изменение формы или объема твердого тела в результате внешнего воздействия или внутренних сил. Пластическая – деформация остающаяся после снятия нагрузки, а упругая - исчезающая после снятия нагрузки.

3.2. Классификация видов изнашивания

Молекулярно-механическое (изнашивание) – процесс разрушения поверхности изделий длительным механическим воздействием внешней среды.

Абразивное изнашивание является следствием режущего или царапающего действия твердых частиц. Они могут находиться между парами трения, в потоке жидкости или газа (в масле – износ ЦПГ, в бензине – износ жиклеров).

Фреттинг – механическое изнашивание соприкасающихся деталей при малых колебательных движениях (шейка – вкладыш, вкладыш – постель блока).

Усталостное изнашивание состоит в том, что поверхностный слой материала в результате трения и циклической нагрузки становится хрупким и разрушается. Сопровождается наклёпом поверхностного слоя, который становится хрупким и разрушается. Например, беговые дорожки подшипников, зубья шестерен.

Изнашивание при заедании - происходит в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность. Например -

неправильная посадка скольжения (перетяжка коленного вала) приводит к повышению температуры, разрыву масляной пленки, сухому трению, сильному нагреву и свариванию частиц металла.

Кавитационное изнашивание – изнашивание под воздействием быстро меняющегося давления, возможно, имеются усталостные процессы.

Кавитация- образование и захлопывание пузырьков газа или пара в жидкости, вызванное резким локальным изменением давления.

Электроэрозионное изнашивание - изнашивание в результате воздействия разряда при прохождении электрического тока. Например, между электродами свечи зажигания.

Коррозия- разрушение материалов под воздействием внешней среды:

-атмосферная коррозия;

-газовая коррозия;

-избирательная коррозия (когда сильнее разрушается один элемент сплава, например цинк в латуни);

-контактная - вызванная наличием контакта деталей из разнородных материалов в среде – например в электролите;

питтинговая – местная коррозия, при которой разрушение распространяется от поверхности в глубину в виде тонкого, иногда сквозного канала;

химическая - коррозия в среде неэлектролита;

электрохимическая – в среде электролита;

Коррозионное и эрозионное изнашивания могут дополнять друг друга.

Фреттинг-коррозия, абразивная + коррозия, такие виды изнашивания называются **коррозионно-механическими**.

3.4. Характерные закономерности изнашивания деталей транспортных средств

Процесс нарастания износа поверхностных слоев имеет определенные закономерности. Величина износа (I) повышаются в течение всего пробега ТС (автомобиля) до предельного состояния, но интенсивность изнашивания различна на разных этапах работы.

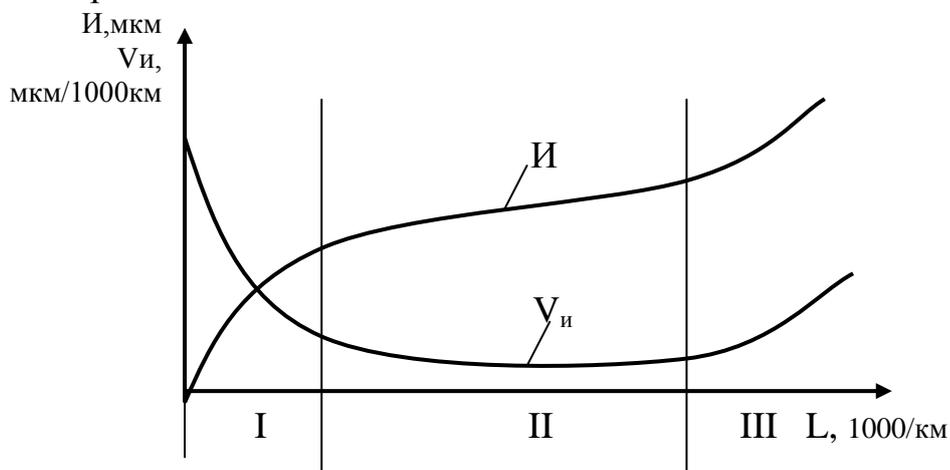


Рис.-3. Зависимость износа и интенсивности изнашивания детали от наработки

I- Период приработка-это процесс изменения геометрии поверхностей трения и физико механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения. На период приработки деталей (в течении 1...5 тыс. км) назначают режим обкатки ТС (автомобиля).

II- Период – установившегося изнашивания характеризуется постоянной интенсивностью, и следовательно, линейным возрастанием износа (И) при постоянном наклоне α прямой на графике. Этот период для различных деталей составляет 50-500тыс.км.

III- Период – интенсивность изнашивания повышается - наступает период аварийного изнашивания.

Методы измерения и оценки износов механизмов.

Микрометраж.

Метод искусственных баз.

Метод взвешивания.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Что такое старение?
- 2.Долговечность каких деталей определяется на основании усталостной прочности?
3. Что относится к основным активным агентам внешней Среды, вызывающих коррозию относятся?
- 4.Что такое трение?
- 5.Какие параметры деталей изменяются в результате износа?
- 6.Как изменяется износ деталей транспортных средств в зависимости от пробега?
- 7.В каких деталях наблюдается коррозионно-механическое изнашивание?

Ключевые слова

- 1.Изнашивание
- 2.Износ
3. Усталость
4. Старение
5. Деформация
6. Эрозия
7. Абразивное изнашивание
8. Фреттинг
- 9.Усталостное изнашивание
10. Изнашивание при заедании
11. Кавитационное изнашивание
12. Кавитация
13. Электроэрозионное изнашивание
14. Коррозия
15. Атмосферная коррозия
16. Газовая коррозия
17. Избирательная коррозия
18. Контактная коррозия
19. Питтинговая коррозия
20. Химическая коррозия
21. Электрохимическая коррозия
22. Коррозионно-механическое изнашивание
23. Приработка
24. Микро метраж
25. Метод взвешивания
26. Метод искусственных баз

Литература

- [2] стр.25-27; [4] стр. 229-254; [2] стр. 25-27; [2] стрю 5-23;
[6] стр.229-254; [7] стр.5-23.

Тема- 4. СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

4.1. Основные термины и определения надежности.

4.2. Свойства надежности.

4.2.1. Показатели безотказности.

4.2.2. Показатели долговечности.

4.2.3. Показатели ремонтпригодности.

4.2.4. Показатели сохраняемости.

4.1. Основные термины и определения надежности

Терминологические вопросы не являются ведущими в надежности. Однако чтобы избежать путаницы в использовании ряда терминов, надо дать им четкое определение.

Под **ИЗДЕЛИЕМ** понимается элементы, систему или ее часть и т.д.

Под **ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ** изделия понимается совокупность всех фаз его существования: транспортировка, хранение, подготовка к использованию по назначению, обслуживание и ремонт.

Основным понятием теории надежности является отказ.

НАРАБОТКА - продолжительность работы изделия в часах или километрах пробега.

КАЧЕСТВОМ изделия называется совокупность свойств, определяющих степень пригодности изделия для использования по назначению.

Надежность – это свойство транспортных средств выполнять транспортную работу, сохраняя во времени или по пробегу эксплуатационные показатели в требуемых пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, ТО, ремонтов, хранения и транспортирования.

Другими словами, надежность это "качество", развернутое во времени.

4.2. Свойства надежности

Надежность транспортных средств обуславливается свойствами безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Безотказность – это свойство транспортных средств непрерывно сохранять работоспособность в течение определенного времени или пробега.

Долговечность – свойство транспортных средств сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе проведения работ ТО и ремонта.

Ремонтпригодность - свойство транспортных средств, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, неисправностей, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения ТО и ремонта.

Сохраняемость - свойство транспортных средств сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и транспортирования.

4.2.1. Показатели безотказности

Вероятность безотказной работы это вероятность того, что в заданном интервале пробега не возникнет отказ элемента транспортных средств.

$$R(L) = \frac{N_0 - \sum m(L)}{N_0}, \quad (2)$$

N_0 - число элементов транспортных средств, находящихся под наблюдением (на начало эксперимента)

$\sum m(L)$ - суммарное количество элементов, имевших отказы за пробег L .

Функция отказа

$$F(L) = 1 - R(L) = \frac{\sum m(L)}{N_0}, \quad (3)$$

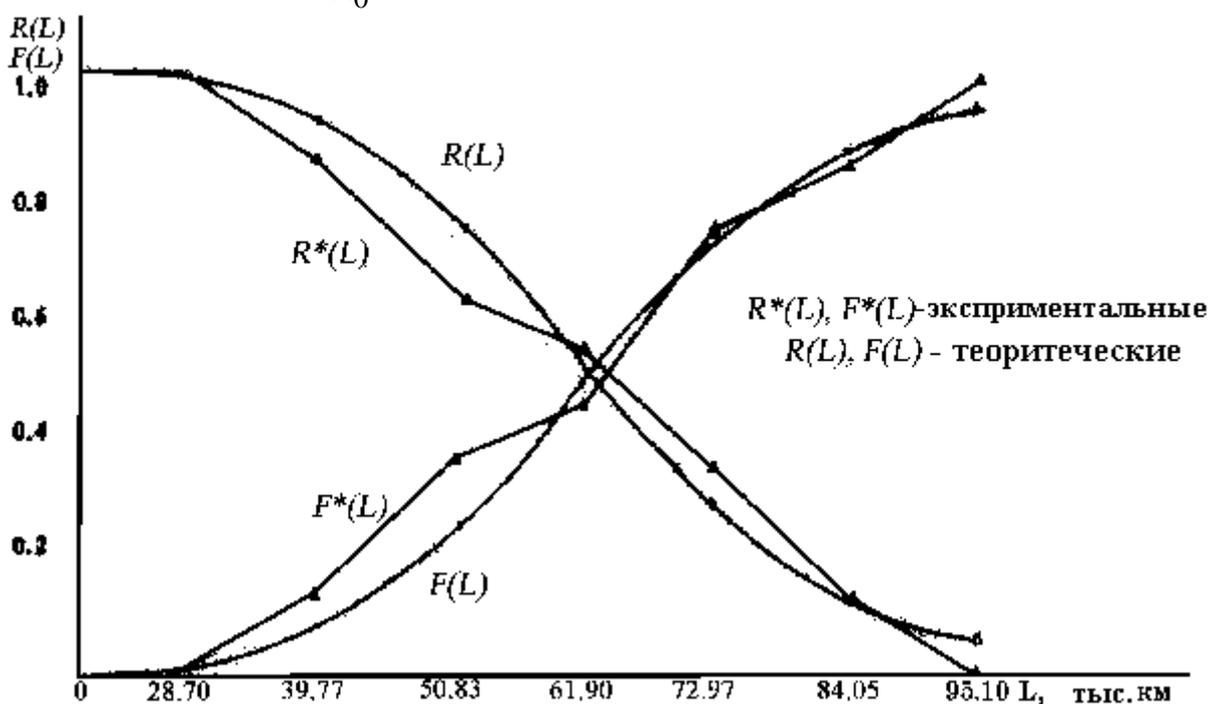


Рис. -4. Графики изменения вероятности безотказной работы и отказов в зависимости от пробега ($R(L)$ -изменяется от 1 до 0; $F(L)$ -изменяется от 0 до 1)

Функция отказов - вероятность отказа является событием, противоположным вероятности безотказной работы.

Средняя наработка на отказ является математическим ожиданием пробега транспортных средств до первого или последующих отказов рассматриваемого вида

$$L_{cp} = (1/N_0) \sum_{i=1}^{N_0} l_i \quad (4)$$

l_i - наработка i - го элемента на отказ.

Наработка на отказ - среднее значение пробега элемента транспортных средств между отказами.

$$L_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} L_i}{\sum_{i=1}^{N_0} m_i} \quad (5)$$

L_i - пробег i - го транспортного средства за период наблюдения.

$m_i(L)$ - суммарное количество отказов анализируемых элементов по i - ому транспортному средству за пробег L .

Интенсивность отказов- вероятность отказа элемента транспортных средств в единицу пробега после данного момента пробега при условии, что отказ до этого момента не возникал.

Условная плотность вероятности возникновения отказа невозстанавливаемого изделия, определяемого для данного момента времени при условии, что отказа до этого момента не было.

$$\lambda(L) = \frac{f(L)}{R(L)}, \text{ или } \lambda(L) = \frac{N(L) - N(L + \Delta L)}{N(L)\Delta L}, \quad (6)$$

ΔL - интервал пробега

$N(L)$ - количество работоспособных элементов транспортных средств на момент пробега L

$N(L + \Delta L)$ - количество работоспособных элементов транспортных средств на момент пробега $L + \Delta L$.

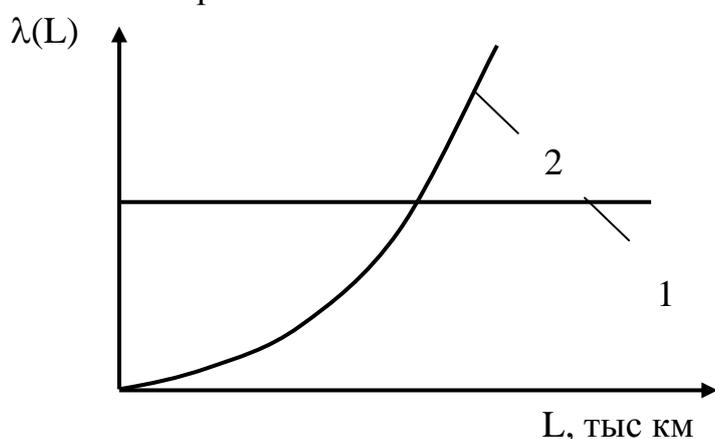


Рис.- 5. Изменение интенсивности для внезапных (1) и постепенных (2) отказов

Параметр потока отказов $\omega(L)$ - это плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемого изделия, определяемая для данного момента времени или пробега.

$$\omega(L) = (\Omega(L) - \Omega(L + \Delta L)) / \Delta L \quad \text{отказ/изд. тыс. км} \quad (7)$$

$$\omega(L) = \frac{m(L)}{N_0 \Delta L} \quad (8)$$

Ведущая функция потока отказов (функция восстановления) определяет накопленное количество вероятностей первого и последующих отказов изделия к пробегу L .

$$\Omega(L) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(L) \quad (9)$$

$F_k(L)$ - функция вероятности k -того отказа.

Показатели долговечности

К основным показателям долговечности относятся:

- средний ресурс и средний срок службы;
- гамма процентный ресурс и гамма- процентный срок службы (вероятность достижения предельного состояния).

Средний ресурс определяется по формуле:

$$L_{cp} = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} L_i, \quad (10)$$

L_i - наработка отказа i -го элемента.

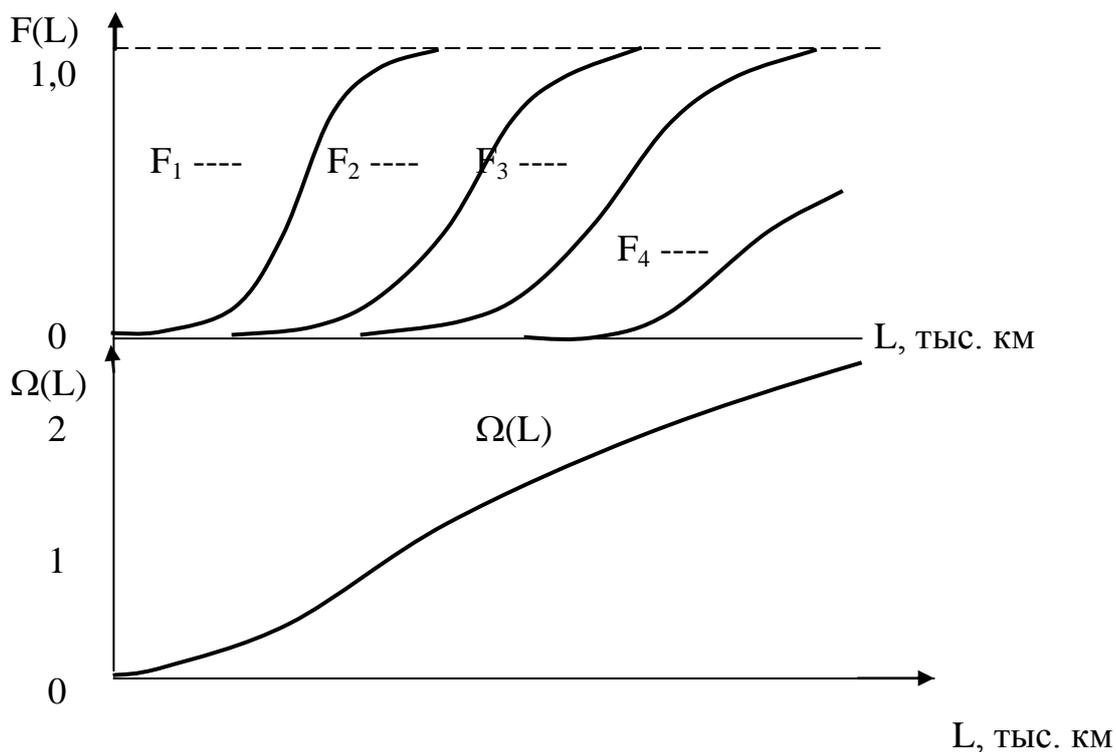


Рис.-6. Вероятность отказа и ведущая функция потока отказов

Срок службы транспортных средств измеряется в календарной продолжительности работы конструкции до предельного состояния.

Срок службы транспортных средств определяется физическим старением в процессе работы, а также моральными старением.

Гамма - процентным ресурсом - L_γ называется наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью, выраженной в процентах.

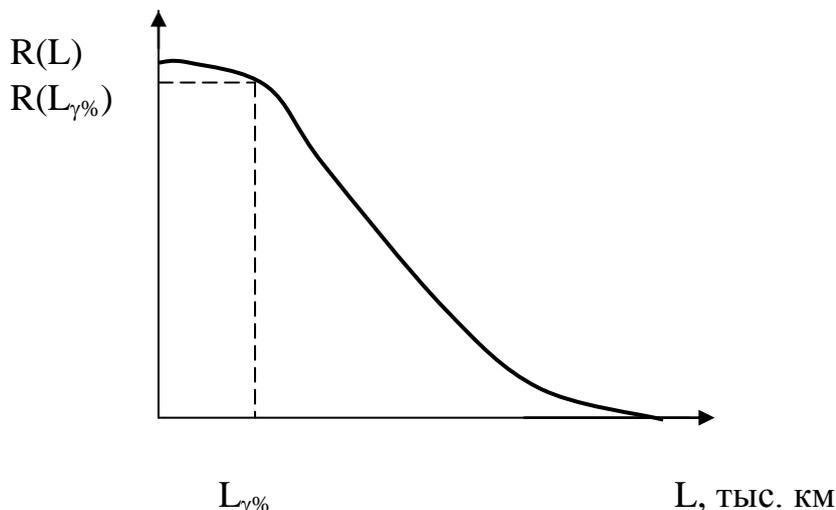


Рис. 7. Вероятность безотказной работы

Показатели ремонтпригодности

Основными показателями ремонтпригодности являются:

- средние продолжительность и трудоемкость выполнения операций ТО и ремонта, которые применяются при нормировании и сравнении различных транспортных средств;
- Вероятность восстановления транспортных средств в заданное время;
- Средние затраты денежных средств и материалов на ТО и ремонт.

Под средним временем восстановления T_v понимают математическое ожидание времени восстановления работоспособности.

$$\bar{T}_v = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{vi} , \quad (11)$$

где: t_{vi} - время устранения i -го отказа;

m - количество отказов, наблюдаемых в процессе испытаний или эксплуатации.

Вероятность восстановления транспортных средств в заданное время определяется следующим образом:

$$R_v^*(t) = 1 - \frac{n_v(t + \Delta t)}{N_v(t + \Delta t)} \quad (12)$$

где : $n_v(t+\Delta t)$ - число элементов, не восстановленных за промежуток времени от t до $t+\Delta t$;

$N_v(t+\Delta t)$ - общее число элементов, подлежащих восстановлению за этот же интервал времени.

Средние затраты денежных средств на ТО и ремонт определяются по формуле.

$$T_{T\Sigma} = \sum_{i=1}^{K_{то}} n_{тоi} T_{т.тоi} + \sum_{j=1}^{K_{р}} n_{рj} T_{т.ремj} \quad (13)$$

где: $K_{то}$ и $K_{р}$ – число видов ТО и ремонта, установленных для рассматриваемого вида транспортных средств;

$n_{тоi}$, $n_{рj}$ – число обслуживаний и ремонтов рассматриваемого вида за период эксплуатации L ;

$T_{т.тоi}$, $T_{т.ремj}$ – средняя стоимость обслуживания и ремонта рассматриваемого вида.

Показатели сохраняемости

Сохраняемость характеризуется *средним и гамма - процентным сроками сохраняемости изделия*.

Сохраняемость оказывает влияние на безотказность долговечность и ремонтно пригодность кузовов, кабин, аккумуляторов, шин и других резино - технических изделий, а также транспортного средства в целом.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие свойства обуславливают надежность?
2. Какие показатели относятся к безотказности?
3. Какие показатели относятся к долговечности?
4. Какие показатели относятся к ремонтнопригодности?
5. Какие показатели относятся к сохраняемости?
6. При решении каких практических задач может использоваться понятие ведущей функции параметра потока отказов?

Ключевые слова

1. Изделие
2. Эксплуатация
3. Безотказность
4. Долговечность
5. Ремонтнопригодность
6. Сохраняемость
7. Вероятность безотказной работы
8. Функция отказов
9. Нарботка на отказ
10. Интенсивность отказов
11. Параметр потока отказов
12. Ведущая функция потока отказов
13. Среднее ресурс
14. Срок службы
15. Гамма и процентный ресурс
16. Средняя время восстановления
17. Вероятность восстановления
18. Срок сохраняемости

ЛИТЕРАТУРА

- [2] стр.35-38; [6] стр.19-31

ТЕМА 5. ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКАЗОВ

- 5.1. Случайные величины, события.
- 5.2. Распределения случайных величин .
- 5.3. Числовые характеристики.
- 5.4. Характерные законы распределения случайных величин для описания процессов изменения технического состояния изделия.
- 5.5. Законы распределения.
 - 5.5.1. Нормальный закон распределения.
 - 5.5.2. Закон распределения Вейбулла.
 - 5.5.3. Логарифмически нормальный закон распределения.
 - 5.5.4. Экспоненциальный закон распределения.

5.1. Случайные величины, события

Детали выходят из строя при разных наработках предельного состояния L_1, L_2, \dots, L_N . Отказ - событие достоверное, а пробег, при котором происходит отказ, величина случайная.

5.2. Распределения случайных величин

Для решения инженерных задач (например, определения потребности в замене деталей, сборочных единиц, агрегатов на планируемый период по парку транспортных средств, или планирования производства запасных частей) требуется знание ресурса и как группируются частные ресурсы около среднего.

Так возникает необходимость в знании закона распределения отказов (наработок на предельное состояние) **Под законом распределения** случайных величин понимают всякое соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины L и соответствующими им плотностями вероятности $f(L)$, функциями $F(L)$, вероятностями $R(L)$. Каждая из перечисленных зависимостей однозначно определяет закон распределения.

Закон распределения - это связь между случайной величиной L и частотой ее появления (а)

$$a = n/N \quad (14)$$

n - количество отказов по интервалом пробега.

N - объём выборки.

5.3. Числовые характеристики

Если зафиксировать значения параметров технического уровня u_d , то моменты достижения этого состояния (ресурса) l_p у разных изделий будет

различны, т.е. наработка на отказ будет случайной величиной и будет иметь вариацию.

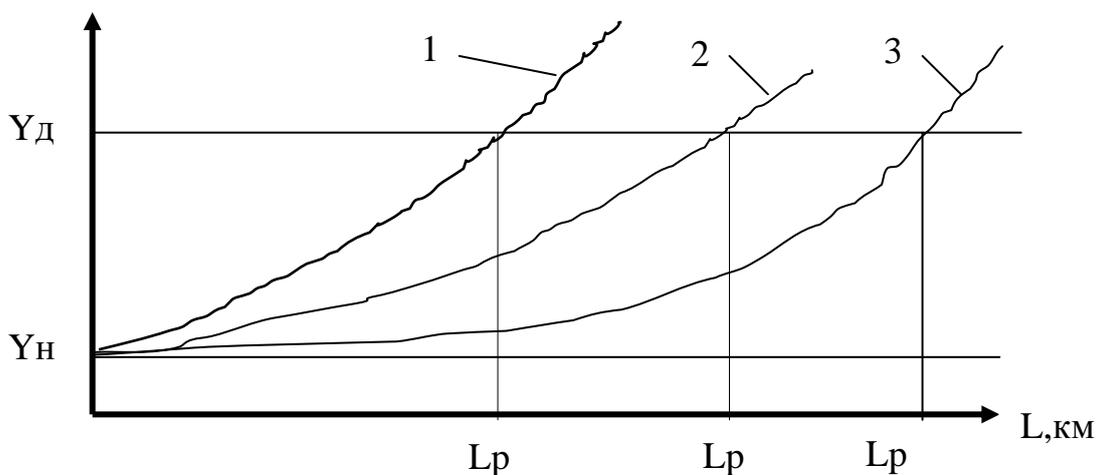


Рис. -8. Вариация ресурса и технического состояния

Характеристиками случайной величины L при N_0 реализациях служат: среднее значение:

$$\bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{N_0} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} l_i}{N_0} \quad (15)$$

среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_0} (l_i - \bar{L})^2}{N_0 - 1}}, \quad (16)$$

коэффициент вариации

$$V = \frac{\sigma}{\bar{L}} \quad (17)$$

Если L_{cp} в механической интерпретации - центр тяжести, то дисперсия момент инерции относительно этого центра тяжести, т.е. I_{cp} , $\sigma = \sqrt{D}$, $D = \sigma^2$

Коэффициент вариации V служит для предварительного определения закона распределения отказов.

5.4. Характерные законы распределения случайных величин для описания процессов изменения технического состояния изделия

Характерные законы распределения отказов, законы распределения случайных величин зависят от причин возникновения отказов.

Износные отказы хорошо подчиняются нормальному закону распределения (закон Гаусса).

Поломки, обусловленные разрушающими усилиями отражаются экспоненциальными законами.

Отказ из-за старения материалов отражается законом Вейбулла-Гнеденно.

При совместном действии изнашивания и старения применим логарифмически нормальный закон распределения.

Каждый из законов обладает определенными свойствами, использование которых позволяет предвидеть отказы элементов, принимать заранее необходимые меры, и в целом прогнозировать возникновение отказов.

5.5. Законы распределения

5.5.1. Нормальный закон распределения

Нормальный закон относится к двухпараметрическому, т.е. (зависит) от μ и σ

Плотность вероятности безотказной работы:

$$f(L) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \times \exp\left(-\frac{(L-\bar{L})^2}{2\sigma^2}\right) \quad (18)$$

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_L^{\infty} \exp\left(-\frac{(L-\bar{L})^2}{2\sigma^2}\right) dl, \quad (19)$$

Функция(вероятность) отказов:

$$F(L) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^L \exp\left(-\frac{(L-\bar{L})^2}{2\sigma^2}\right) dl, \quad (20)$$

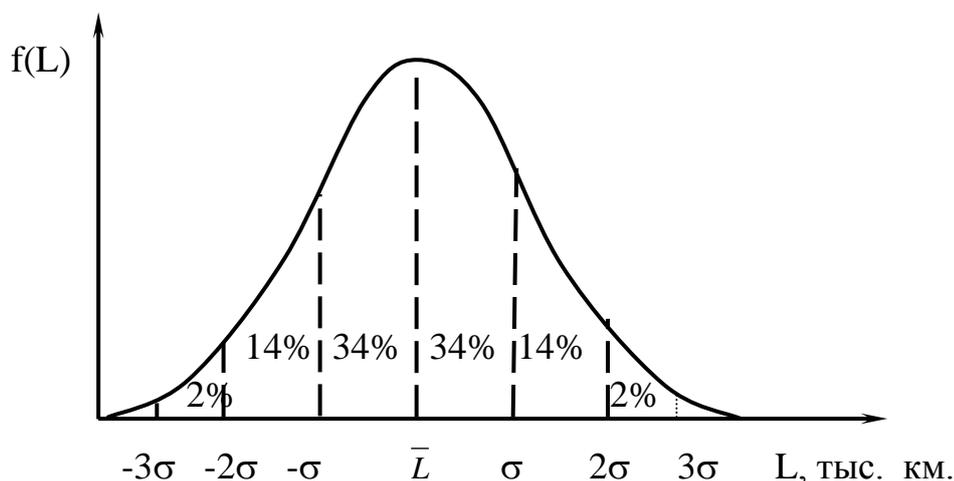


Рис. -9. Плотность вероятности безотказной работы

5.5.2. Закон распределения Вейбулла - Гнеденко

Плотность вероятности безотказной работы:

$$f(L) = \frac{b}{a} \left(\frac{L}{a}\right)^{b-1} \times \exp\left[-\left(\frac{L}{a}\right)^b\right], \quad (21)$$

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \exp\left[-\left(\frac{L}{a}\right)^b\right], \quad (22)$$

Функция(вероятность) отказа:

$$F(L) = 1 - R(L) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{L}{a}\right)^b\right], \quad (23)$$

где: а и b параметры распределения

$$a = \frac{\bar{L}}{K_b}, \quad (24)$$

K_b -вспомогательный коэффициент

$$K_b = \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right), \quad (25)$$

$\Gamma(1+1/b)$ - гамма функции.

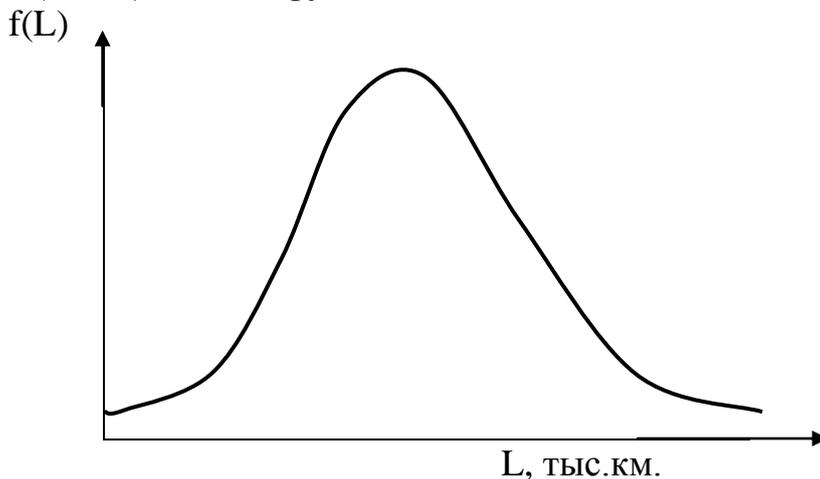


Рис.-10 Плотность вероятности безотказной работы

5.5.3. Логарифмически нормальный закон распределения

Плотность вероятности безотказной работы:

$$f(L) = \frac{1}{L\sigma\sqrt{2\pi}} \times \exp\left(-\frac{(\ln L - a)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (25)$$

Среднее значение \bar{L} :

$$\bar{L}_{yp} = \exp\left(a + \frac{\sigma^2}{2}\right), \quad (26)$$

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi\left[\frac{\ln L - a}{\sigma}\right], \quad (27)$$

Функция(вероятность) отказа:

$$F(L) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left[\frac{\ln L - a}{\sigma}\right], \quad (28)$$

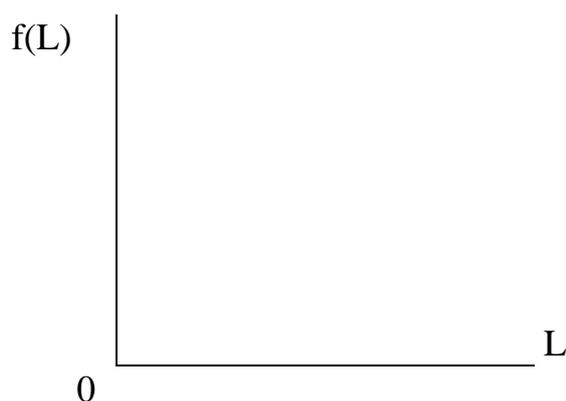


Рис. -13. Плотность вероятности безотказной работы

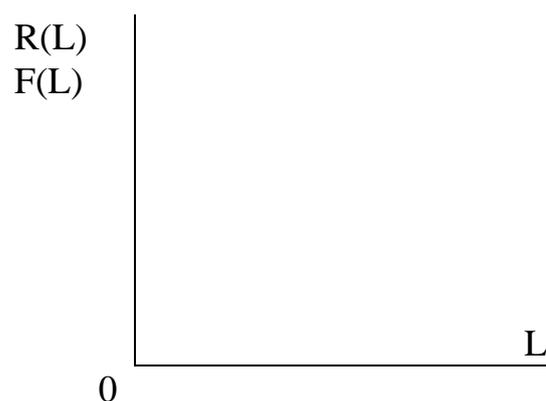


Рис.-14. График вероятности безотказной работы и функции отказа

5.5.4. Экспоненциальный закон распределения

Плотность вероятности безотказной работы:

$$f(L) = \lambda e^{-\lambda L} \quad (29)$$

λ - интенсивность отказов

$$\lambda = \frac{1}{L_{cp}}, \quad (30)$$

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \exp(-\lambda L), \quad (31)$$

Функция(вероятность) отказа:

$$F(L)=1-\exp(-\lambda L), \quad (32)$$

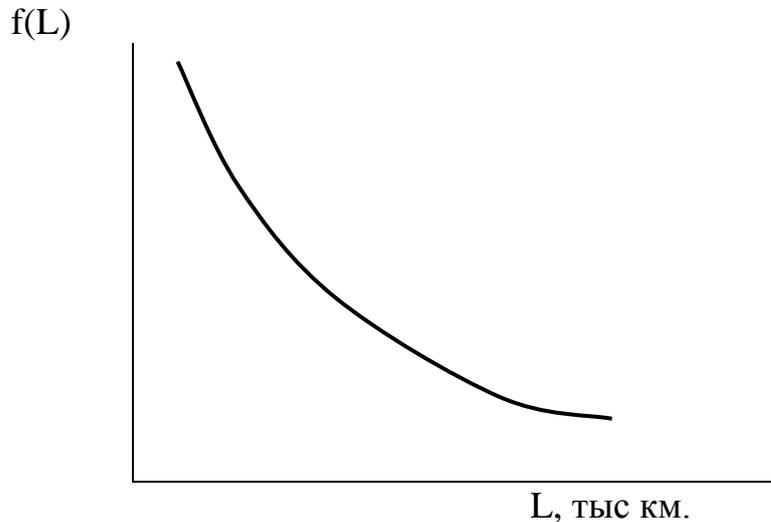


Рис. -15.Плотность вероятности безотказной работы

Вопросы для самоконтроля

- 1.Что понимается под законом распределения случайных величин?
- 2.Как можно характеризовать вариацию ресурса и технического состояния?
- 3.Какие параметры являются характеристиками случайных величин при реализациях?
- 4.На основании какого параметра предварительно определяется зона распределения?
- 5.К какому закону распределения подчиняется отказ детали из-за его старения?

Ключевые слова

- 1.Законы распределения
- 2.Рассеивание случайных величин
- 3.Случайные величины
- 4.Событие
- 5.Коэффициент вариации
- 6.Средне-квадратическое отклонение
- 7.Нормальный закон распределения
- 8.Зона распределения Вейбулла
- 9.Экспоненциальный закон распределения
- 10.Логарифмически нормальный закон распределения

ЛИТЕРАТУРА

[2] стр.37-42

Тема 6. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- 6.1. Классификация факторов, влияющих на надежность ТС.
- 6.2. Конструктивные факторы.
- 6.3. Эксплуатационные факторы.
- 6.4. Технологические факторы.

6.1. Классификация факторов, влияющих на надежность

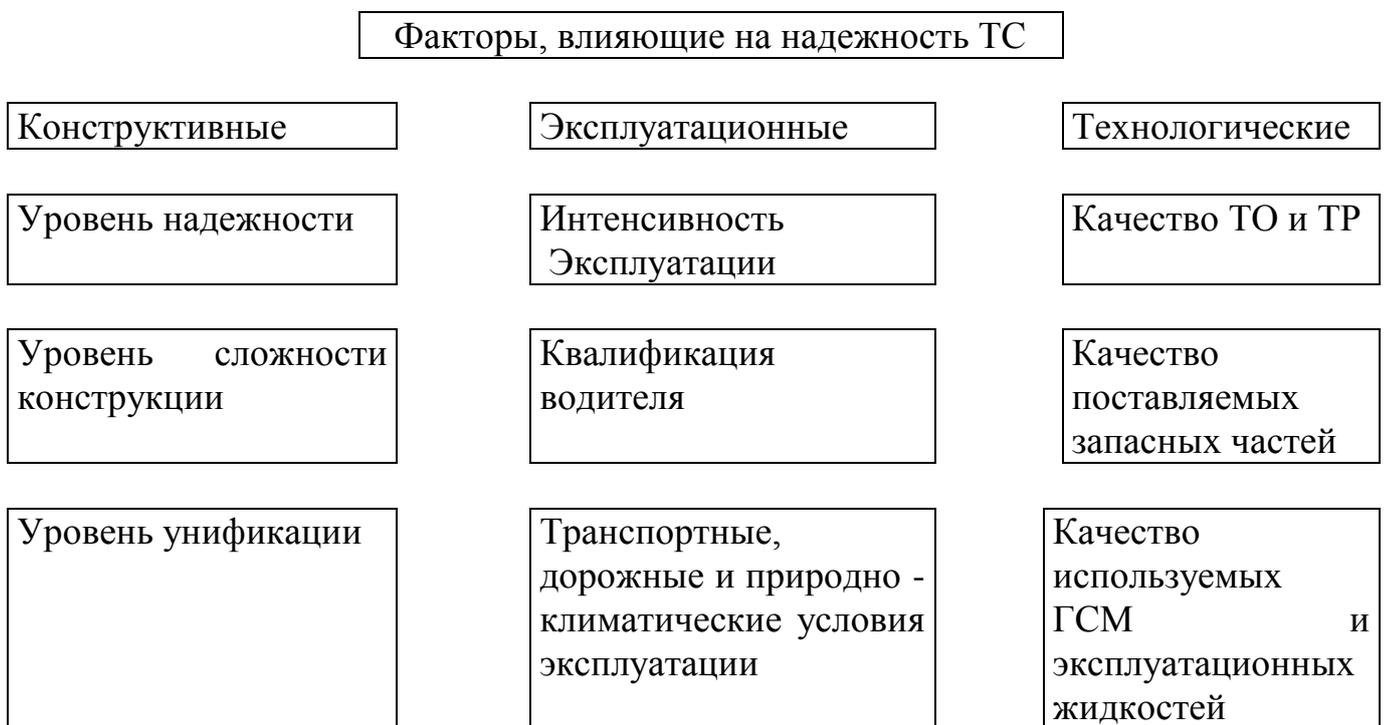


Рис. - 17 . Классификация факторов, влияющих на надежность ТС

6.2. Конструктивные факторы

6.2.1. Уровень надежности

Уровень надежности оценивается эксплуатационными показателями ТС, т.е. затратами на его изготовление и содержание в технически исправном состоянии в процессе эксплуатации.

6.2.2. Сложность конструкции

При проектировании ТС необходимо учитывать требования, предъявляемые к каждой детали, к каждому узлу, а также конструктивные особенности.

$$R_{TB}(L) = R_D(L) \times R_H(L) \times R_{YK}(L) \times \dots \times R_i(L) = \prod_{i=1}^n R_i(L), \quad (33)$$

Чем сложнее конструкция, тем ее надежность снижается, в связи с этим для каждого элемента вероятность безотказной работы берется больше. 0,999....

6.2.3. Уровень унификации

Унификация-это свойство, сборочных единиц и агрегатов, характеризуемое сокращением числа их типов одного и того же назначения, применяемых в транспортных системах.

Унификация намного упрощает и удешевляет процессы ремонта и ТО, сводит к минимуму потребную номенклатуру запасных частей и крепежных деталей.

6.3. Эксплуатационные факторы

6.3.1 Интенсивность эксплуатации

Интенсивность эксплуатации зависит от размеров АТП и его функций, дорожных, природно-климатических условий, технических скоростей, уровня использования мощности двигателя, суточного, сезонного, годового пробегов.

6.3.2. Квалификация водителя

Квалификация водителя оценивается качеством вождения. Качество вождения обуславливает соответствие режимов работы дорожным условиям и степень приближения их к оптимальным. Оно определяется, во-первых, методами вождения и, во-вторых, мастерством вождения.

Методы вождения:

1. Импульсный метод (разгон- торможение)
2. Вождения без использования тормозов (возможно вынужденное торможение ТС двигателем).
3. Смешанный метод.

Мастерство вождения ТС заключается в достижении высоких технических скоростей движения при обеспечении безопасности, плавности хода и установленного расхода топлива. Мастерство вождения достигается расчетливостью движения и точностью выполнения приемов управления ТС.

Показателями мастерства вождения могут быть: минимальное число переключения передач, разгонов, торможений; минимально возможный период

скоростей и нагрузок; отсутствие частых и резких поворотов; обеспечение плавности хода; поддержание соответствующего теплового режима; соблюдение безопасных дистанций; правильный выбор скоростного и нагрузочного режимов, соответствующих условиям движения.

6.3.3. Транспортные, дорожные и природно-климатические условия эксплуатации и другие факторы

Дорожные условия определяют режим работы транспортных средств. Они характеризуются технической категорией дороги (всего пять категорий), видом и качеством дорожного покрытия, определяющих сопротивление движению ТС; элементами дороги в плане и профиле (шириной дороги, радиусами закруглений, уклоном подъемов и спусков) В свою очередь, режим работы ТС влияет на надежность.

Транспортные условия (условия перевозки) наряду со скоростью движения, характеризуются длиной грузовой езды l_g , коэффициентами использования: пробега β , грузоподъемности γ , прицепов $K_{пр}$, родом перевозимого груза.

Природно - климатические условия характеризуются температурой окружающего воздуха, влажностью, ветровой нагрузкой, уровнем солнечной радиации и некоторыми другими параметрами.

Качество ТО и Р транспортных средств существенно влияет на изменение их технического состояния, следовательно, и на надежность, топливную экономичность и безопасности движения.

Качество эксплуатационных материалов характеризуется соответствием их показателей требованиям ГОСТ, конструктивным особенностям механизмов, в которых они применяются, климатическим или сезонным условиям и режимам эксплуатации ТС. Применение не соответствующих эксплуатационных материалов вызывает резкое ухудшение эксплуатационных свойств ТС.

Качество запасных частей во многом влияет на надежность ТС.

Запасные части бывают новые, отремонтированные, бывшие в употреблении, от другой модели ТС и изготовленные в хозяйстве.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Какие факторы влияют на надежность ТС?
- 2.Какие параметры относятся к конструктивным факторам?
- 3.Какие параметры относятся к эксплуатационным факторам?
- 4.Какие параметры относятся к технологическим факторам?
- 5.Чем объясняется сложность конструкции?
- 6.Как влияет уровень унификации на надежность ТС?

Ключевые слова.

- 1.Уровень надежности
- 2.Уровень сложности конструкции
- 3.Уровень унификации
- 4.Транспортные условия
- 5.Интенсивность эксплуатации
- 6.Квалификация водителя
- 7.Условия движения
- 8.Качество горюче-смазочных материалов
- 9.Качество ТО и ТР
- 10.Качество запасных частей
- 11.Природно-климатические условия
- 12.Качество хранения ТС

ЛИТЕРАТУРА

[2] стр.27-31

ТЕМА 7. ИСПЫТАНИЕ ИЗДЕЛИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- 7.1. Цель испытаний на надежность.
- 7.2. Виды испытаний на надежность.
- 7.3. Объекты испытаний на надежность.
- 7.4. Характеристики, оцениваемые при испытаниях на надежность.
- 7.5. Испытания опытных и серийных образцов.
- 7.6. Планы испытаний на надежность.

7.1. Цель испытаний на надежность

Целью испытаний ТС на надежность (подконтрольной эксплуатации) является определение показателей свойств надежности и их оценок путем сбора и статистической обработки полной и достоверной информации.

Под оценками показателей надежности понимают точечную или интервальную (в границах доверительного интервала) оценку, которая с заданной вероятностью содержит истинное значение показателей.

Оценки показателей надежности используют при количественном анализе надежности или при контроле показателей надежности с помощью доверительных *границ*.

Для вычисления оценок показателей надежности проводят.

1. Выбор плана испытаний на надежность.
2. Планирование испытаний.
3. Сбор необходимой информации.
4. Статистическая обработка информации.

7.2. Виды испытаний на надежность

Испытания на надежность могут быть *исследовательскими*, проводимыми для изучения факторов, влияющих на надежность, и *контрольными*, цель которых – оценка уровня надежности данного изделия. По месту проведения испытания могут быть *стендовыми, полигонными и эксплуатационными*.

В зависимости от решаемых задач испытания на надежность бывают:

по целям:

определительные;
контрольные;
исследовательские.

по срокам:

ускоренные;
неускоренные.

по методу проведения:

разрушающие;
неразрушающие.

по этапам жизненного цикла изделия:

на стадии исследований, обоснований разработок, разработок;

на стадии производства;

на стадии эксплуатации.

Определительные испытания (эксплуатационные наблюдения) на работоспособность проводят по определенным правилам и программам, регламентированными стандартами и методами, учитывающими опыт развития испытательной техники.

Основное требование при их проведении – обеспечение достоверности, заданной точности и сопоставимости результатов измерений, оценок параметров и показателей эксплуатационных свойств.

Контрольные испытания проводят для контроля качества продукции, оценки уровня надежности изделия и его сравнения с нормативным для экономически целесообразной эксплуатации АТС

Контрольные испытания бывают: **предварительные, государственные, межведомственные, ведомственные, периодические** (для изделий текущего производства), **типовые** (проводят до и после внесения изменений в конструкцию для определения эффективности последних), **приемосдаточные** (для проверки соответствия изделия и его частей ТУ).

Исследовательские испытания проводят для изучения факторов, влияющих на надежность, выявления связей между изменениями параметров рабочих процессов и для определения эффективности применения машин в эксплуатации

7.3. Объекты испытаний на надежность

Объект – общее наименование изделия (ТС, узел, деталь и т.д.).

Система – объект, предназначенный для самостоятельного выполнения заданных функций.

Объектом испытаний могут быть:

- образцы;

- детали;

- узлы машины;

- машина в целом;

- система машин (когда показатели надежности учитывают взаимодействие отдельных машин, связанных в единый производственный комплекс).

Объектами испытаний на надежность должны быть однотипные изделия, не имеющие конструктивных или других различий, изготовленные по единой технологии и испытываемые в идентичных условиях.

Выборочный метод состоит в том, что вместо общей или генеральной совокупности объектов, изучается только часть этих единиц. Иными словами производится выборка из генеральной совокупности. По результатам исследования выборки делается заключение о характеристиках генеральной совокупности.

Основной признак выборочного метода – случайный отбор единиц из генеральной совокупности. Любая из единиц генеральной совокупности имеет равную возможность с остальными единицами попасть в выборку. Полученная в результате такого отбора выборка является представительной (репрезентативной)

Репрезентативность означает, что выборка правильно отражает все характерные особенности генеральной совокупности.

7.4. Характеристики, оцениваемые при испытаниях на надежность

Могут быть две группы характеристик изделий, которые являются объектом измерений и оценки при испытании.

1. Характеристики процессов старения и разрушения и определение соответствующей им степени повреждения изделия (причин изменения технического состояния и потери работоспособности).

2. Характеристики изменения выходных параметров изделия (мощность, КПД, расход топлива), оценка процессов повреждения или изменения выходных параметров изделия.

При испытаниях материалов исследуются те процессы, которые приводят к их разрушению или изменению свойств. Для деталей и сопряжений, кроме повреждений определяются выходные параметры -точность движения, изменения взаимного положения, коэффициент трения и др.

Для механизмов, узлов и, тем более, машин основным объектом измерений являются их выходные параметры.

7.5. Испытание опытных и серийных образцов

Испытания на надежность опытных образцов проводят в составе предварительных или приемо-сдаточных испытаний. Их часто проводят ускоренными методами

Испытания на надежность установочной серии проводят при постановке изделий на серийное производство или при выпуске первой промышленной партии. На этапе серийного производства – в составе периодических или типовых испытаний.

7.6. Планы испытаний на надежность

Устанавливают количество объектов испытаний, порядок проведения испытаний (восстановлением работоспособного состояния изделия после отказа, заменой отказавшего изделия или без восстановления и замены), и критерий его прекращения. Условно планы испытаний обозначают в виде совокупности букв (по ГОСТ 27.410-87).

а) Первая буква N- число объектов (объем выборки).

б) Вторая буква (степень и характер восстановления объектов):

U - отказавший объект не восстанавливают, не заменяют;

R - отказавший объект заменяют;

M - отказавший объект восстанавливают.

в) Критерий прекращения испытаний:

T- наработка (час, км);

r – число отказов;

N- число отказов, равное объему выборки;

T_{Σ} - суммарная наработка по всем объектам испытаний N;

S – принятие решения о прекращении испытаний при последовательных испытаниях.

Например: [NUN], [NRT], [NMr]

1. Завершенные испытания:

[NUN]

N-объем выборки;

U- отказавшие изделия неремонтируются;

N- число отказавших изделий;

2. Усечение испытаний:

а) по времени

[NUT]

T- срок испытаний;

б) по наработке.

[NUZ]

Z- учитывает наработку отказавших и не отказавших изделий;

R- число отказов.

Вопросы для самоконтроля

1. С какой целью проводятся испытания изделий на надежность?
2. Какие виды испытаний на надежность могут быть?
3. Что подразумевается под объектом испытаний на надежность?
4. Какие требования предъявляются к программам наблюдений?
5. Как осуществляются испытания опытных и серийных образцов?
6. Какие планы испытаний на надежность существуют?

Ключевые слова

1. Исследовательские испытания
2. Контрольные испытания
3. Объект испытаний на надёжность
4. Опытный образец
5. Серийный образец
6. Испытания опытных образцов
7. Испытания серийных образцов
8. План испытаний
9. Ускоренные испытания
10. Определительные испытания
11. Выборочный метод отбора объекта испытаний
12. Цель испытаний на надежность

ЛИТЕРАТУРА

[6] стр.478-485

ТЕМА 8. СБОР И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- 8.1. Цели и задачи сбора и обработки информации.
- 8.2. Общие требования к содержанию программы наблюдений.
- 8.3. Основные требования к методам сбора информации.
- 8.4. Общие требования к составу регистрируемой информации и формам документов.
- 8.5. Основные требования к обработке и анализу информации.

8.1. Цели и задачи сбора и обработки информации

Сбор информации о надёжности предусматривает проведение постоянных, периодических или разовых наблюдений за изделиями, фиксация их результатов на носителях информации, изучение справочных данных о надёжности составных частей изделий с учётом их функциональной структуры, о надёжности изделий – аналогов и прототипов, проведения экспертной оценки, изучения данных о свойствах материалов, элементов изделий, нагрузках, механизмах отказов, условиях эксплуатации, производственно технической базе.

8.2. Общие требования к содержанию программы наблюдений

1. Программы наблюдений по конкретным изделиям составляют в соответствии с техническим заданием на проведение сбора и обработки информации.

2. Программы наблюдений, в общем случае, определяют:

- цели и задачи сбора информации;
- перечень наблюдаемых изделий;
- число изделий;
- продолжительность наблюдений;
- номенклатуру показателей, по которым собирают информацию;
- периодичность обследований;
- сроки проведения работ;
- периодичность и формы отчетности и др.

8.3. Основные требования к методам сбора информации

1. Сбор информации должен предусматривать проведение постоянных периодических или разовых наблюдений за изделиями в эксплуатации.

2. Сбор информации осуществляется на основании:

- данных учета, проводимого эксплуатационными и ремонтными предприятиями (путевой лист, ремонтный лист, требование на запасные части);
- результаты наблюдений за изделиями в эксплуатации;
- применения опросных листов (экспертных методов);

3. В процессе сбора информации производят обследование технического состояния изделия на месте его эксплуатации:

- эксплуатационных и ремонтных документов по ГОСТ;
- акты расследования аварий;
- акты рекламаций.

4. Результаты обследования отражают в документах первичной информации о надежности и др.

8.4. Общие требования к составу регистрируемой информации и формам документов

1. Первичная информация о надежности изделия включает:

- данные о месте и условиях эксплуатации;
- общие сведения об изделии;
- характеристику отказов.

2. Данные о месте и условиях эксплуатации фиксируют один раз в начале наблюдений.

Эти данные включают:

- наименование и адрес предприятия;
- характеристику внешних условий (грунт, температурные условия, влажность среды, химическую активность и др.);
- условия использования изделия (загрузку, непрерывность и цикличность работы и т.д.);
- характеристику производственно – технической базы и систему ТО и Р ;
- условия хранения изделий.

8.5. Основные требования к обработке и анализу информации

Вся полученная информация в процессе наблюдения является эмпирической. Чтобы ее использовать на практике необходимо, установить теоретические закономерности. Поэтому обработка информации включает:

1. классификацию и кодирование исходных данных;
2. контроль полноты, достоверности и однородности информации;
3. внесение уточнений в исходные данные (при необходимости);
4. копирование исходной информации (при необходимости);
5. перевод содержания исходной информации на машинные носители;
6. оценку показателей надежности;
7. классификацию причин отказов и предельных состояний по видам, связанных с изготовлением, ремонтом и эксплуатацией и их анализ;
8. подготовку исходных данных для разработки мероприятий, направленных на выявление недостатков и повышение надежности изделий в эксплуатации.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Какие требования предъявляются к методам сбора информации?
- 2.Что включает в себя первичная информация о надежности изделия?
- 3.Какие параметры относятся к общим сведениям об изделиях?
- 4.Какие требования предъявляются к обработке информации о надежности ТС?

Ключевые слова

- 1.Сбор информации
- 2.Обработка информации
- 3.Программа наблюдений
- 4.Документы первичной информации
- 5.Эмпирическая информация
- 6.Классификация исходных данных
- 7.Кодирование исходных данных
- 8.Полнота информации
- 9.Достоверность информации
- 10.Однородность информации

ЛИТЕРАТУРА

[6] стр.521-532

Тема-9. ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ НАДЕЖНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1. Использование показателей свойств надежности при определении режимов ТО и ремонта, транспортных средств, нормирование расхода запасных частей и др.

9.2. Комплексные показатели надежности, управление надежностью в эксплуатации.

9.1. Использование показателей свойств надежности при определении режимов ТО и ремонта транспортных средств

Под режимом технического обслуживания и ремонта транспортных средств понимают периодичность воздействий профилактического или ремонтного характера, перечень операций и трудоемкость выполняемых обязательных работ.

Периодичность ТО -это нормативная наработка между двумя последовательно проводимыми однородными работами ТО. Методы определения периодичности ТО подразделяются на:

- простейшие (метод аналогии по прототипу);
- аналитические, основанные на результатах наблюдений и закономерностях ТЭА;
- имитационные, основанные на моделировании случайных процессов.

9.1.1. Метод определения периодичности ТО по допустимому уровню безотказности

Этот метод основан на выборе такой рациональной периодичности, при которой вероятность отказа F элемента не превышает заранее заданной величины, называемой риском.

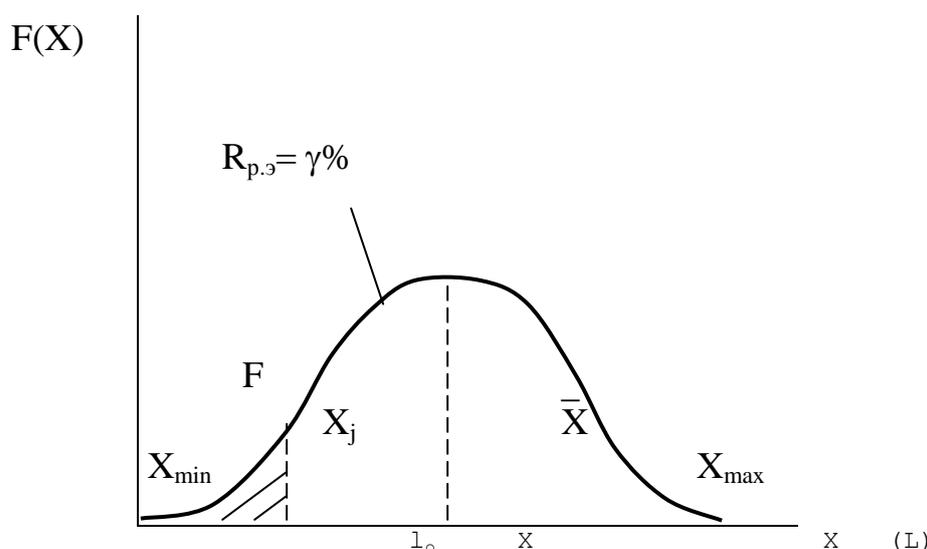


Рис. -18. К определению периодичности ТО по допустимому уровню безотказности

Вероятность безотказной работы

$$R_{д.}(x_i \geq l_0) \geq R_{д} = \gamma, \quad \text{т.е. } l_0 = x_{\gamma} \quad (34)$$

где: X_i - наработка на отказ;

$R_{д}$ - допустимая вероятность безотказной работы;

$\gamma = 1 - F$

l_0 - периодичность ТО;

$X_{\gamma} = \gamma\%$ ресурс.

Для агрегатов и механизмов, обеспечивающих безопасность движения $R_{д} = 0,9 \dots 0,98$, для прочих узлов и агрегатов $R_{д} = 0,85 \dots 0,90$.

9.1.2. Метод определения периодичности ТО по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния

У
Уд

Ун

0

Рис. 19 К определению периодичности ТО по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния

9.1.3. Технико-экономический метод

Этот метод сводится к определению суммарных удельных затрат на ТО и ремонт и их минимизации.

$$C_{\Sigma} = C_{ТО} + C_{ТР} \quad (34')$$

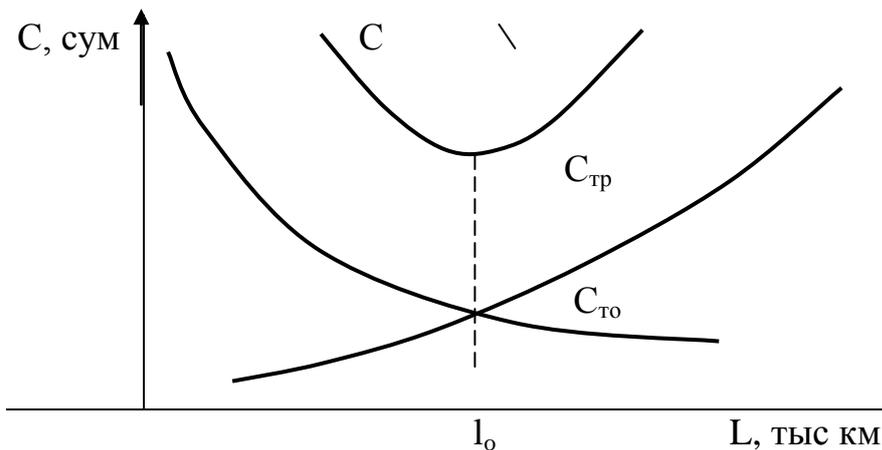


Рис.-20. Определение периодичности ТО технико-экономическим методом

$C_{ТО}$ - удельные затраты на ТО
 $C_{ТР}$ - удельные затраты на ТР

9.1.4. Метод статистических испытаний

Этот метод основан на имитации (моделировании) реальных случайных процессов ТО, что дает возможность ускорить испытания.

Исходным материалом для моделирования служат как фактические данные, полученные при наблюдении, так и законы распределения случайных величин .

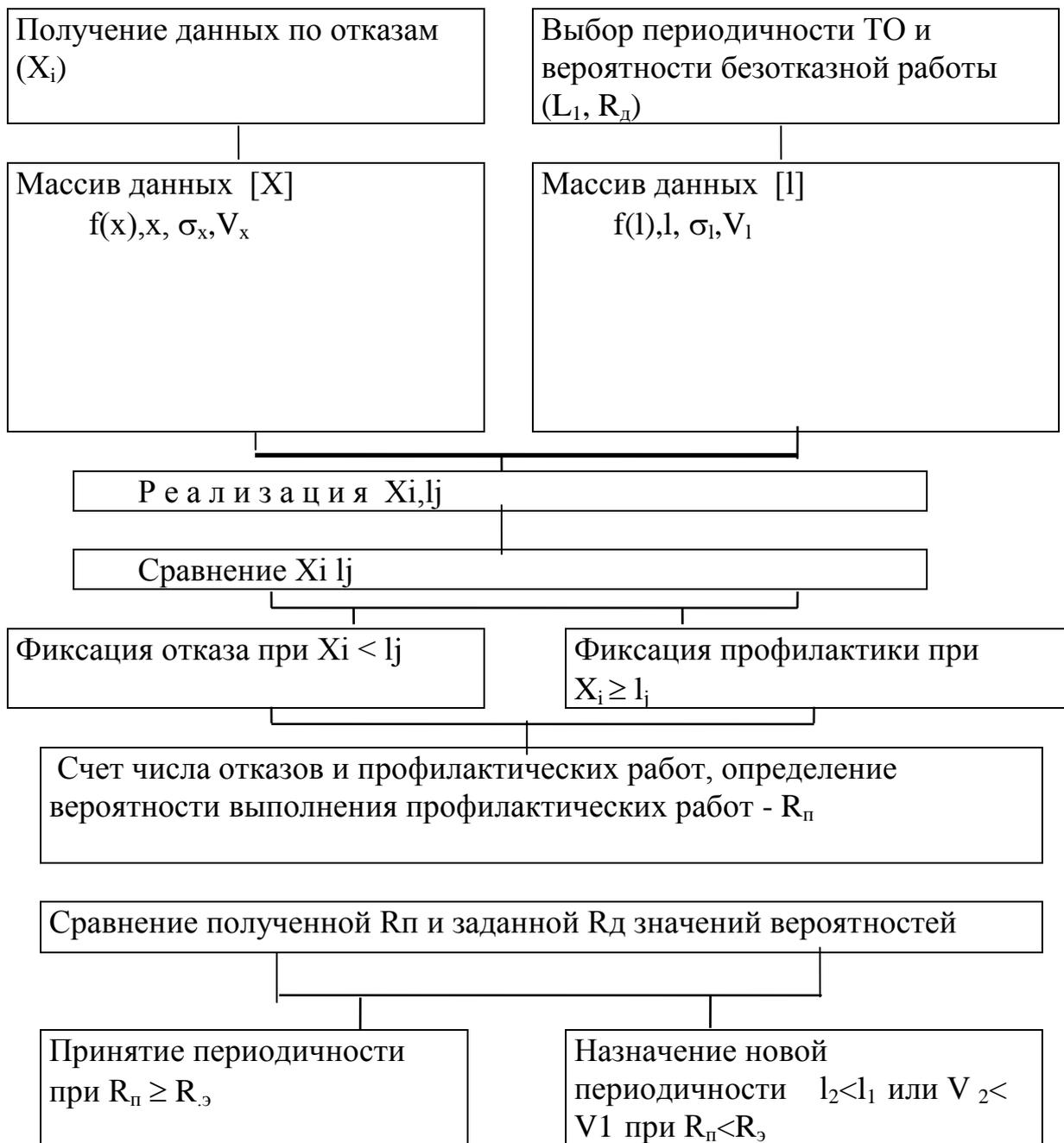


Рис. - 21 . Схема определения рациональной периодичности ТО с помощью имитационного моделирования

Предварительно назначают на основании имеющегося опыта или наблюдений одно или несколько значений периодичности ТО (l_1, l_2 , и т.д., а также V_1)

По результатам наблюдений или расчетным путём создаются два массива данных: наработки на отказ [X] и периодичности ТО - [L] .

Из массива данных, содержащих сведения по наработкам на отказ, извлекается случайным образом конкретное значение наработки до отказа X_i .

Затем из второго массива , где находятся данные по фактическим периодичностям ТО, извлекается конкретное значение l_j , определяемое с учетом средней периодичности l и ее вариации V_l . Пара чисел X_i и l_j называется реализацией.

Если $X_i < l_j$ то фиксируется отказ. При $X_i \geq l_j$ фиксируется отсутствие отказа, т.е. выполнение операции ТО получают оценку вероятности отказа и профилактического выполнения операции. Если при опытах вероятность отказа оказалась больше заданной, то принимают уменьшенную периодичность и повторяют серию опытов.

9.1.5. Нормирование расхода запасных частей

Нормы расхода запасных частей и материалов необходимы при планировании их производства и для определения объема заказа, запасов, а также затрат на запасные части для данного предприятия или группы, предприятий отрасли.

Номенклатурная норма устанавливает средний расход запасных частей (по каждой детали) в штуках на 100 автомобилей в год и рассчитывается по следующим методом:

По фактическому расходу деталей;

По ресурсам деталей;

Вероятный метод.

По ресурсам деталей

$$H = 100 \times n(L_a - L_1) / (L_2 \times t_a), \quad (35)$$

n - количество деталей одного наименования на транспортном средстве;

L_1 - ресурс до первой замены детали, тыс. км;

L_a - амортизационный пробег транспортного средства, тыс. км;

L_r - годовой пробег ТС, тыс. км;

t_a - срок службы, лет.

$$\eta = L_2 / L_1 \quad (36)$$

$$L_a = L_r * t_a \quad (36')$$

L_2 - ресурс детали между заменами, тыс. км;

η -коэффициент восстановления ресурса.

9.2. Комплексные показатели надежности, управление надежностью в эксплуатации

9.2.1. Комплексными показателями надежности ТС являются:

а) коэффициент технического использования, который на автотранспорте принято называть коэффициентом технической готовности.

$$\alpha_T = \frac{\sum AD_{и}}{\sum AD_{и} + \sum AD_{т}} \quad (37)$$

где: $\sum AD_{и}$ - автомобиле - дни исправного состояния за определенный период работы автомобильного парка;

$\sum AD_{т}$ - автомобиле -дни простоя на ТО и ремонте за тот же период.

б) Коэффициент выпуска автомобилей (ТС) на линию:

$$\alpha_B = \frac{\sum AD_{л}}{\sum AD_{и} + \sum AD_{т}} \quad (38)$$

$\sum AD_{л}$ - автомобиле - дни на линии за определенный период работы автомобильного парка.

9.2.2. Управление надежность в эксплуатации.

Управление надежностью преследует цель полной реализации свойств надежности, заложенных при конструировании и обеспеченных производством как новых, так и капитально отремонтированных транспортных средств.

Экспериментально можно определить интервальные затраты на поддержание надежности в эксплуатации.

$$С_{пн.ин}(L) = С_{з.ч}(L) + С_{тр}(L) + С_{м}(L) + С_{прост}(L) \quad (39)$$

где: $С_{з.ч}(L)$ - удельные затраты на запасные части, сум/тыс.км;

$С_{тр}(L)$ - удельные затраты на оплату труда ремонтного персонала, сум/тыс.км;

$С_{м}(L)$ - удельные затраты на материалы, сум/тыс.км;

$С_{прост}(L)$ - удельные затраты на компенсацию простоев, сум/тыс.км.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под режимом ТО?
2. Что такое периодичность ТО?
3. Какие методы определения периодичности ТО существуют?
4. Как определяется периодичность ТО при методе статических испытаний?
5. По каким методам определяется расход запасных частей?
6. Как определяется коэффициент технической готовности в процессе эксплуатации?
7. Что понимается под нормативом технической эксплуатации?

Ключевые слова

1. Режим ТО
2. Периодичность ТО
3. Методы определения периодичности ТО
4. Техничко-экономический метод определения периодичности ТО
5. Определение периодичности ТО методом статистических испытаний
6. Нормирование расхода запасных частей
7. Коэффициент технической готовности
8. Коэффициент выпуска на линию
9. Нормативы технической эксплуатации
10. Управление надежностью в эксплуатации

Литература

[2] стр.54-66

Тема-10. ЗАДАЧИ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ДИАГНОСТИКИ

- 10.1. Определение, цель и задачи диагностики.
- 10.2. Перспективные направления и основные требования к диагностике.
- 10.3. Зарубежный опыт.
- 10.4. Требования к техническому диагностированию транспортных средств.

10.1. Определение, цель и задачи диагностики

Диагностика технического состояния автомобиля – отрасль науки, изучающая и устанавливающая признаки неисправного состояния, причины методы, и оборудование, при помощи которых дается заключение о техническом состоянии агрегатов и системы без разборки и прогнозирования ее исправной работы.

Диагностирование является частью контроля технического состояния автомобиля. Снятие отдельных деталей для присоединения измерительных приборов не является разборкой.

Техническая диагностика изучает признаки неисправностей автомобиля, методы, средства и алгоритмы определения его технического состояния без разборки, а так же технологию и организацию использования систем диагностирования в процессах ТЭА ТС.

Диагностирование дает возможность получения индивидуальной информации о скрытых и назревающих отказах и позволяет предотвращать преждевременный отказ, запоздалый ремонт или несвоевременные профилактические работы, а так же проконтролировать качество ТО и Р.

Диагностика повышает надежность и ресурс технических систем и позволяет сэкономить трудовые и материальные ресурсы.

10.2. Перспективные направления и основные требования к диагностике

Перспективными направлениями являются:

1. Развитие бортовой и встроенной диагностики.
2. Расширение номенклатуры диагностических параметров.
3. Получение индивидуальной информации.
4. Применение микропроцессорной техники в С Т Д, при хранении и обработке информации, выдача информации в виде готовых выводов, а не параметров.
5. Согласование внешних и встроенных СТД
6. Повышение точности, достоверности диагностирования

10.3. Зарубежный опыт

В последние годы отмечается тенденция усложнения и совершенствования диагностического оборудования за счет широкого применения микропроцессорной техники, автоматизации рабочих процессов, упрощения подключения и приведения в действие оборудования. Например, все ведущие фирмы (Германии, Венгрии, Южной Кореи, США, Японии и др.) перешли к выпуску автоматизированных мотор - тестеров. При этом все процессы замера значений параметров и постановка диагноза производятся автоматически с помощью микропроцессора, и на экран дисплея в итоге выводятся обработанные результаты диагностирования в виде указаний по проведению необходимых ремонтно-регулирующих операций и замен.

10.4. Требования к техническому диагностированию транспортных средств

1. Обеспечение требований, обусловленных особенностями технической эксплуатации ТС.
2. Обеспечение своевременности проверки технического состояния и предотвращение простоев ТС по техническим причинам.
3. Обеспечение высокой точности измерений с малой трудоемкостью.
4. Экономическая целесообразность.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова цель технической диагностики?
2. На основании чего ставится диагноз о техническом состоянии?
3. Что называется диагностированием?
4. В процессе эксплуатации, в каких случаях производится диагностирование?
5. Зарубежный опыт по диагностированию технического состояния ТС.
6. Какие требования предъявляются к техническому диагностированию ТС?

Ключевые слова

1. Диагностика технического состояния автомобиля
2. Диагностическое обеспечение ТС
3. Требования к техническому диагностированию ТС
4. Техническая диагностика
5. Направление развития диагностики
6. Требования к диагностированию транспортных средств.

ЛИТЕРАТУРА

[8] стр. 5 - 10.; [3] стр.; [5] стр. стр. 66-70.; [4] стр. 195-199.

Тема-11. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ

11.1. Основные термины диагностики.

11.2. Структура разновидностей систем диагностирования.

11.3. Контролепригодность.

11.1. Основные термины диагностики

Рассматриваемые основные термины в области диагностики технического состояния транспортного средства базируются на общем представлении его как о материальном воплощении некоторой организации, т. е. структура и поведение.

Дефект - под ним следует понимать любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым его свойствам.

Поиск дефекта - заключается в указании с определенной точностью его местоположение в объекте диагностирования.

Обнаружение дефекта - установление факта его наличия или отсутствия на объекте.

Контроль - есть процесс сбора и обработки информации с целью определения технического состояния объекта. Диагностирование является частью контроля технического состояния ТС. Для целей контроля, в отличие от диагностики, возможна разборка объекта.

Параметр - качественная мера, характеризующая свойство системы, элемента, явления, процесса.

Выходной параметр - качественная мера внешнего проявления свойств системы (ТС).

Входной параметр - качественная мера воздействия на систему (ТС) извне

11.2. Структура разновидностей систем диагностирования

Диагностирование данного объекта (автомобиля, агрегата, механизма) осуществляется согласно алгоритму (совокупности последовательных действий), установленному технической документацией. Комплекс, включающий объект, средства и алгоритмы, образуют систему диагностирования (Рис. 23).

Системы диагностирования

Функциональная - когда диагностирование проводят в процессе работы объекта.

Тестовая - когда при измерении диагностических параметров работу объекта воспроизводят искусственно.

Универсальная - предназначенная для нескольких различных диагностических процессов.

Специальная - обеспечивающая только один диагностический процесс.

Общая (объект в целом) - определяющая техническое состояние объекта на уровне «годно негодно».

Локальная для диагностирования составных частей объекта (агрегатов, систем, механизмов).

Автоматизированная и ручная.

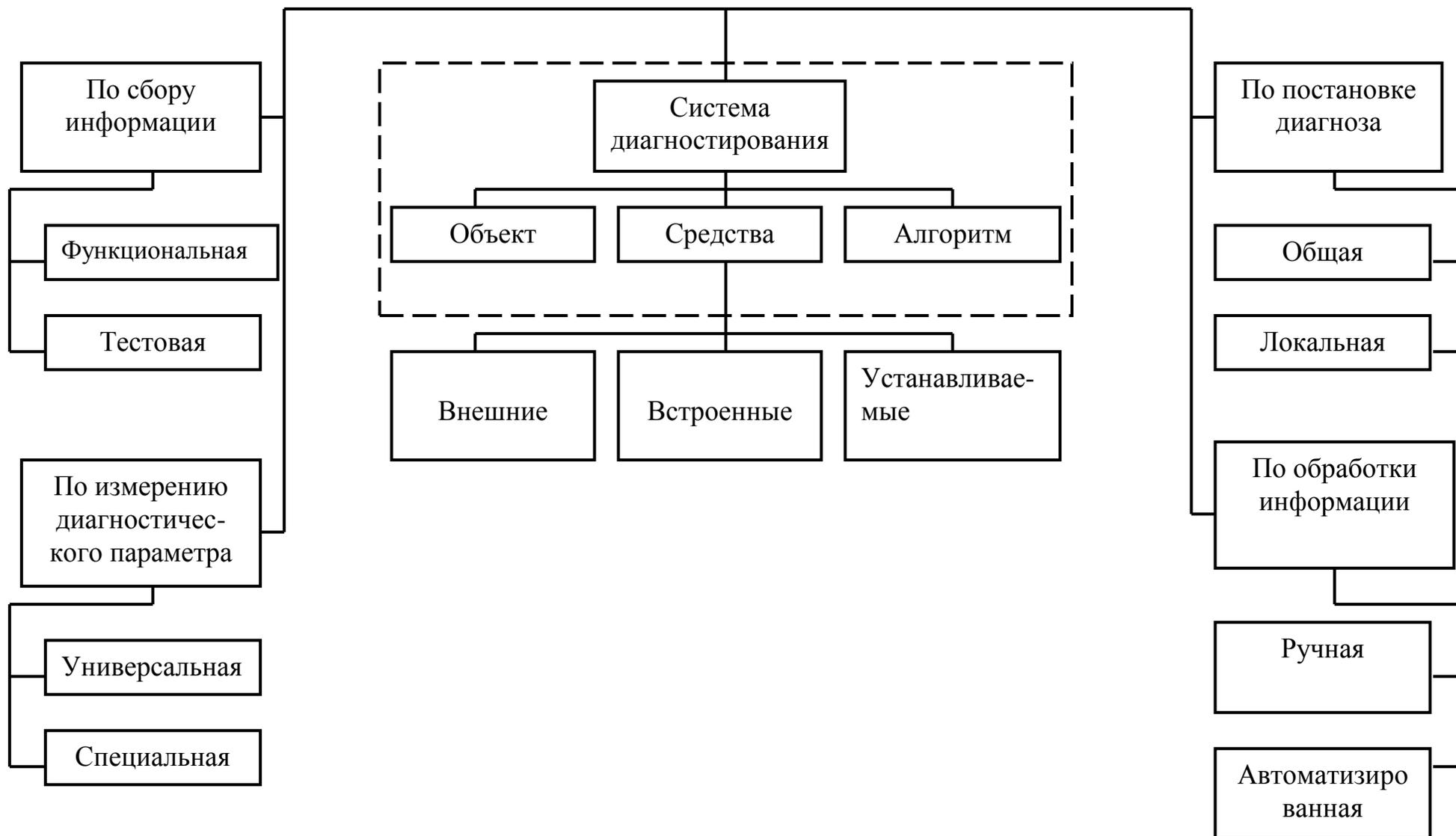


Рис. -23. Структура разновидностей систем диагностирования

11.3. Контролепригодность

Возможности диагностирования многих агрегатов и механизмов в большей степени зависят от их контролепригодности.

Контролепригодностью называются приспособленность ТС к диагностическим работам, обеспечивающим заданную достоверность информации о техническом состоянии объекта при минимальных затратах труда, времени и средств на его диагностирование.

Коэффициент контролепригодности для комплекса диагностических операций:

$$K_k = T_o / (T_o + T_d), \quad (40)$$

T_o - основная трудоемкость диагностирования, чел.-ч.;

T_d - дополнительная трудоемкость (подключение диагностических средств, датчиков, вывод объекта на тестовый режим и т.д.), чел.-ч.

$$T_o = \sum_{i=1}^n P_i t_{oi} \quad T_d = \sum_{i=1}^n P_i t_{di} \quad (41)$$

n - число диагностических операций;

t_{oi} - трудоемкость i -ой диагностической операции;

t_{di} - трудоемкость i -ой дополнительной операции;

P_i - вероятности i -ой диагностической операции.

Коэффициент контролепригодности характеризует приспособленность ТС (агрегата) к диагностированию. Он позволяет также оценить уровень конструкции ТС в области его контролепригодности.

Имеются дополнительные показатели контролепригодности. К ним относятся: доступность диагностирования; легкость подключения приборов; возможность диагностирования без разрыва цепей, удобство работ, обеспеченность контроля встроенными датчиками, унификация числа контрольных точек; централизация контроля; санитарно-гигиенические показатели.

Нормативы контролепригодности могут быть заданы на стадии проектирования ТС исходя из уже достигнутого минимума t_{oi} и t_{di} . В области мирового автомобилестроения, для повышения контролепригодности автомобилей на их агрегатах и механизмах устанавливают встроенные датчики, устройства для центрального съема информации, индикаторы неисправностей, а в некоторых случаях и ЭВМ для обработки информации о состоянии автомобиля.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Что такое дефект ?
- 2.Что такое функциональная система диагностирования ?
- 3.Что такое общая система диагностирования ?
- 4.Как определяется контролепригодность ?
- 5.Как можно повышать контролепригодность ТС ?

Ключевые слова

- 1.Дефект
- 2.Обнаружение дефекта
- 3.Поиск дефекта
- 4.Контроль
- 5.Система диагностирования
- 6.Функциональная система диагностирования
- 7.Тестовая система диагностирования
- 8.Универсальная система диагностирования
- 9.Специальная система диагностирования
- 10.Диагностическая система
- 11.Общая диагностическая система
- 12.Локальная диагностическая система
- 13.Контролепригодность
- 14.Основная трудоемкость диагностирования
- 15.Дополнительная трудоемкость диагностирования
- 16.Коэффициент контролепригодности
17. Входной параметр
18. Выходной параметр

ЛИТЕРАТУРА

- [1] стр. 59-64. [2] стр. стр. 75-79. [9] стр. 7-13.

Тема-12. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИМПТОМЫ, ПАРАМЕТРЫ И НОРМАТИВЫ

- 12.1. Структурные параметры.
- 12.2. Диагностические симптомы.
- 12.3. Диагностические параметры.
- 12.4. Методы определения периодичности диагностирования.

12.1. Структурные параметры

Каждый объект диагностирования можно представить в виде *системы* - т. е. упорядоченной совокупности совместно действующих объектов, предназначенных для выполнения заданных функций.

Структура системы – определенная взаимосвязь, взаиморасположение элементов системы, характеризующая устройство и конструкцию системы.

Поэтому *структурный параметр* – качественная мера, характеризующая свойства структуры системы. (Например, ее техническое состояние)

Структурный параметр в большинстве случаев не поддается измерению без разборки узла. Разборка всегда связана с затратами и уменьшением остаточного ресурса (рис 24).

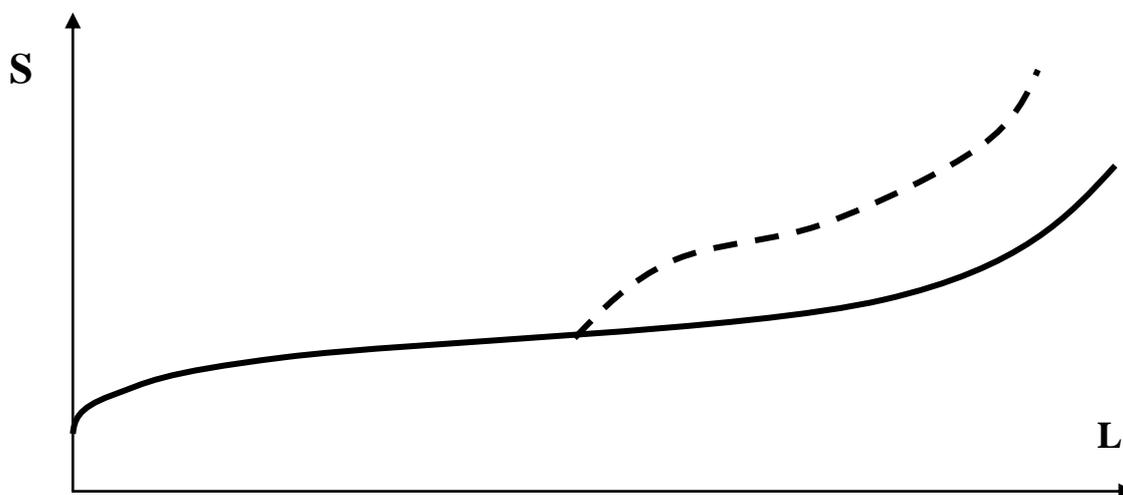


Рис. 24. Изменение интенсивности изменения структурного параметра после разборки узла.

S-структурный параметр, L-пробег.

———— изменение структурного параметра без разборки узла

- - - - - изменение структурного параметра при разборке узла.

Возможность непосредственного измерения в процессе эксплуатации структурных параметров (износов, зазоров) ограничена. Поэтому пользуются косвенными признаками, отражающими техническое состояние объекта.

12.2. Диагностические симптомы

Диагностический симптом является качественным проявлением изменения свойства структуры системы.

Диагностические симптомы по объему, характеру и взаимозависимости информации, которую они дают о неисправности или отказе диагностируемого объекта, группируют в три группы:

Частные диагностические симптомы, которые независимо от других указывают на вполне конкретную неисправность узла или механизма. Например, строго локализованные параметры шума или вибрации указывают на износ и увеличенный зазор конкретного подшипника диагностируемого узла.

Общие (интегральные) диагностические симптомы, характеризующие техническое состояние объекта диагностики в целом. Например, мощность двигателя на заданном скоростном режиме, суммарный люфт агрегатов трансмиссии. Интегральные симптомы не дают указаний о конкретной неисправности.

Взаимозависимые симптомы – комплексы диагностических симптомов, характеризующие неисправность только по совокупности нескольких параметров, обнаруженных и измеренных одновременно. Например, обгорание или неплотное прилегание к седлам впускных клапанов можно обнаружить при наличии одновременно двух симптомов, а именно: "хлопки" в карбюраторе при пуске двигателя и неустойчивая, с перебоями, его работа без нагрузки при большой частоте вращения коленчатого вала.

12.3. Диагностические параметры

Диагностический параметр - это качественная мера проявления технического состояния ТС, его агрегата или узла по косвенному признаку, определение количественного значения которого возможно без разборки.

Закономерности изменения диагностических параметров должны быть аналогичны закономерностям изменения структурных параметров, характеризующих техническое состояние.

Связи между структурными и диагностическими параметрами делятся на единичные (одному структурному соответствует один диагностический), множественные (одному структурному соответствует несколько диагностических), неопределенные (нескольким структурным соответствует один диагностический) и комбинированные (с любым сочетанием связей).

Для обеспечения надлежащей достоверности и экономичности диагностирования диагностические параметры должны быть чувствительны, однозначны, стабильны и информативны.

Чувствительность диагностического параметра определяется степенью его изменения при ухудшении технического состояния объекта. Характеризуется коэффициентом чувствительности:

$$K = \frac{dD}{dS}$$

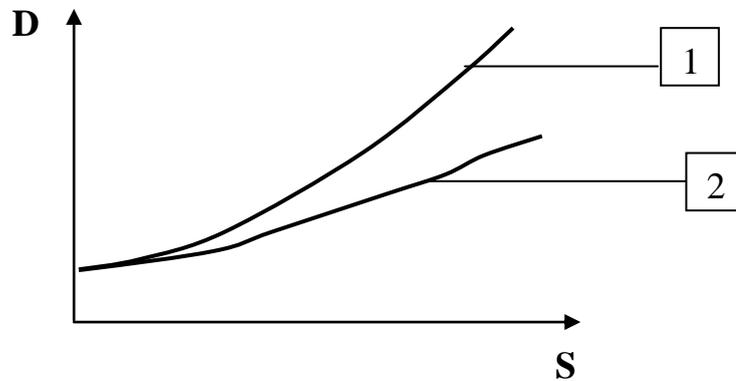


Рис. –25. Характеристика высокочувствительного (1) и малочувствительного (2) диагностических параметров, **D** – диагностический параметр, **S**-структурный параметр.

Однозначность диагностического параметра означает отсутствие экстремума в диапазоне от начального S_n до предельного $S_{пр}$ значения параметра технического состояния.

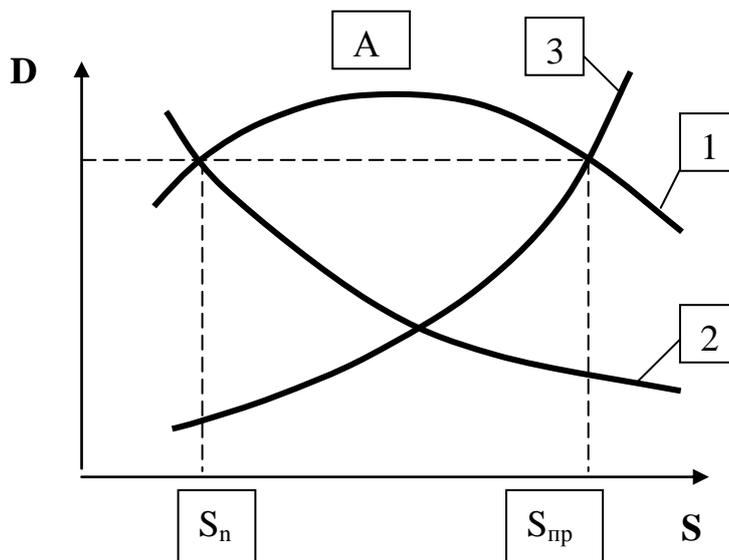


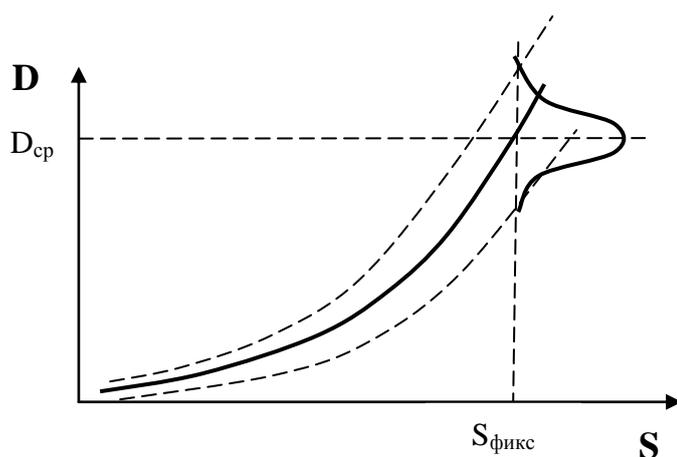
Рис. 26 . Характеристика неоднозначного (1) диагностического параметра с экстремумом в точке **A** , однозначных параметров: убывающего-(2) и возрастающего (3). **D** – диагностический параметр, **S**-структурный параметр.

Информативность – определяется снижением неопределенности технического состояния объекта после измерения данного диагностического параметра

$$J_i = H_n - H_i \text{ (бит)}$$

Где H_n – полная неопределенность, H_i – остаточная неопределенность после измерения i - того диагностического параметра.

Стабильность - диагностического параметра определяют наибольшим отклонением его величины от среднего значения, характеризующего рассеивание параметра при неизменных условиях измерения



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_0} (D_i - D_{ср})^2}{n - 1}} \quad (42)$$

Рис.27. Плотность распределения результатов замеров значения диагностического параметра D_i при фиксированном значении структурного параметра $S_{фикс}$

Нестабильность диагностического параметра снижает достоверность оценки технического состояния объекта.

Классификация диагностических параметров

Диагностические параметры классифицируются по следующим признакам:

1. По принципу образования:
 - а. параметрам рабочих процессов;
 - б. параметрам сопутствующих процессов;
 - в. геометрическим параметром.
2. По виду информации:
 - а. Комплексные;
 - б. локальным (узко информационные);
3. По функциям наработки:
 - а. изменяющиеся непрерывно;
 - б. изменяющиеся дискретно.
4. По функции изменения диагностического параметра:
 - а. линейные $D = a + bX$;

- б. нелинейные $D = bX^n$, $S = C_1L + C_2L^2 + C_3L^3 \dots$;
- в. производные $D = f(X)$;
- г. гармонические $D = A \sin(x + wt)$;
- д. переходные.

Диагностические нормативы

Диагностические нормативы служат для количественной оценки технического состояния ТС. Они устанавливаются ГОСТами и руководящими техническими материалами.

К диагностическим нормативам относятся: начальное S_n , предельное $S_{пр}$ и предельно допустимое $S_{пд}$ значения норматива.

Начальный норматив S_n соответствует величине диагностического параметра новых, технически исправных объектов. Начальный диагностический норматив задается технической документацией.

1. $S_n < S_i < S_{пд}$ - является условием эксплуатации;
2. $S_{пд} < S_i < S_{пр}$ - является условием ТО;
3. $S_i \geq S_{пр}$ - является условием ремонта.

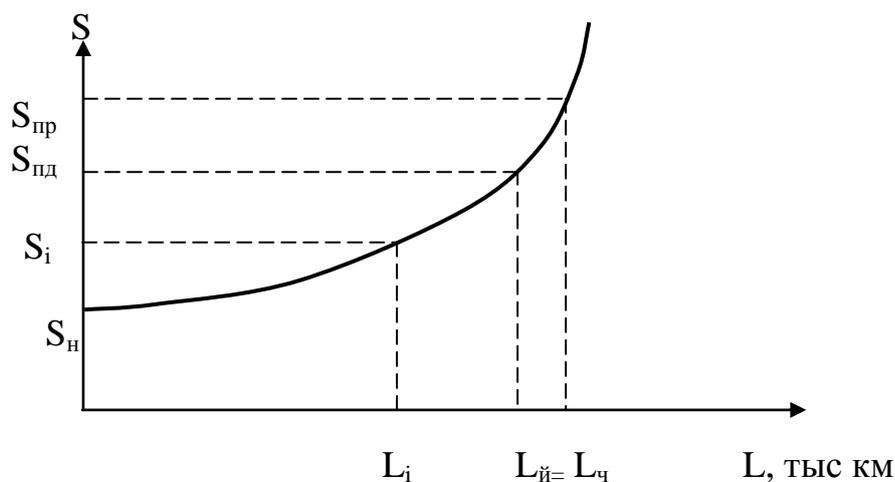


Рис. 28. Схема формирования диагностических параметров при линейной реализации параметра в зависимости от наработки L

Предельный норматив $S_{пд}$ соответствует такому состоянию объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация становится невозможной.

Предельно допустимый норматив $S_{пр}$ является основным диагностическим нормативом и при периодичном диагностировании, проводимом в рамках плано-предупредительной системы ТО автомобилей.

На основе предельно допустимого норматива ставят диагноз состояния объекта и принимают решения о необходимости профилактических ремонтов.

12.4. Методы определения периодичности диагностирования

Зная оптимальную периодичность диагностирования каждого из механизмов, можно группировать отдельные диагностические операции, приурочивая их к соответствующим видам ТО. При этом объемы ТО претерпят корректировку, а эффективность его повысится.

В основу определения периодичности диагностирования I_d так же, как и при определении регламентной периодичности ТО I_p , лежат закономерности изменения технического состояния и экономические показатели. Также надо учитывать, что I_d определяется с учетом затрат на диагностирование.

Методы определения I_d :

1. Статистический- по допустимому уровню вероятности безотказной работы.
2. Индивидуальный- по частной реализации диагностического параметра.
3. Экономико-вероятностный - по совокупности реализаций диагностического параметра.
4. Экономико-вероятностный - по дискретным значениям диагностического параметра.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие показатели технического состояния относятся к структурным параметру?
2. Дайте определение диагностическим параметрам?
3. Какими свойствами должны обладать диагностические параметры?
4. По каким признакам классифицируются диагностические параметры?
5. Дайте определение диагностическим нормативам?

Ключевые слова

1. Диагностический симптом
2. Диагностический параметр
3. Структурный параметр
4. Частные диагностические симптомы
5. Общие диагностические симптомы
6. Взаимозависимые диагностические симптомы
7. Диагностические параметры
8. Чувствительность диагностического параметра
9. Однозначность диагностического параметра
10. Информативность диагностического параметра
11. Стабильность диагностического параметра
12. Классификация диагностических параметров
13. Диагностические нормативы
14. Методы определения периодичности диагностирования
15. Структурный параметр

ЛИТЕРАТУРА:

[1] стр. стр. 64-72; [2] стр. 79-83; [3] стр. 34 - 59.; [9] стр. 330-332

Тема:13. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ.

13.1. Три типа задач определения технического состояния объекта.

13.2. Общая характеристика и классификация методов и средств диагностирования.

13.3. Построение рациональных алгоритмов диагностирования

13.1. Три типа задач определения технического состояния

Область задач, охватываемая технической диагностикой, делится на три группы.

Задачи предсказания технического состояния, в котором окажется объект в некоторый будущий момент времени – это задачи *прогнозирования*.

Задачи определения технического состояния, в котором объект находился в некоторый момент времени в прошлом – это задачи *генезиса*.

Задачи определения технического состояния, в котором находится объект в настоящий момент времени – это задачи *диагностирования*.

При диагнозе измеряют текущие значения параметра S_i и сравнивают его с номинальным S_n , предельным $S_{пр}$ и предельно допустимым $S_{пд}$

Условие: 1. $S_n < S_i < S_{пд}$ - является условием эксплуатации;

2. $S_{пд} < S_i < S_{пр}$ - является условием ТО;

3. $S_i \geq S_{пр}$ - является условием ремонта.

При периодическом диагностировании таким нормативом является допустимое значения диагностического параметра – S_d , а при непрерывном (встроенном) - предельное $S_{пр}$.

Задачей диагноза при использовании нескольких диагностических параметров (S_1, S_2, \dots, S_n) является раскрытие множества связей между ними и структурными параметрами объекта (Y_1, Y_2, \dots, Y_n). Для решения этой задачи указанные связи можно представить в виде структурно-следственных моделей и диагностических матриц.

13.2. Общая характеристика и классификация средств диагностирования

Диагноз – это установление при диагностировании технического состояния объекта.

Постановка диагноза включает в себя процедуру проверки функционирования объекта, в частности, выполнение процедур с целью поиска неисправности, неработоспособности, неправильного функционирования.

Процесс технического диагностирования - включает в себя обеспечение функционирования объекта на заданных режимах или тестовое воздействие на объект, улавливание и преобразование с помощью датчиков сигналов, выражающих значение диагностических параметров, их измерение, постановку диагноза на основании логической обработки полученной информации путем сопоставления ее с нормативной.

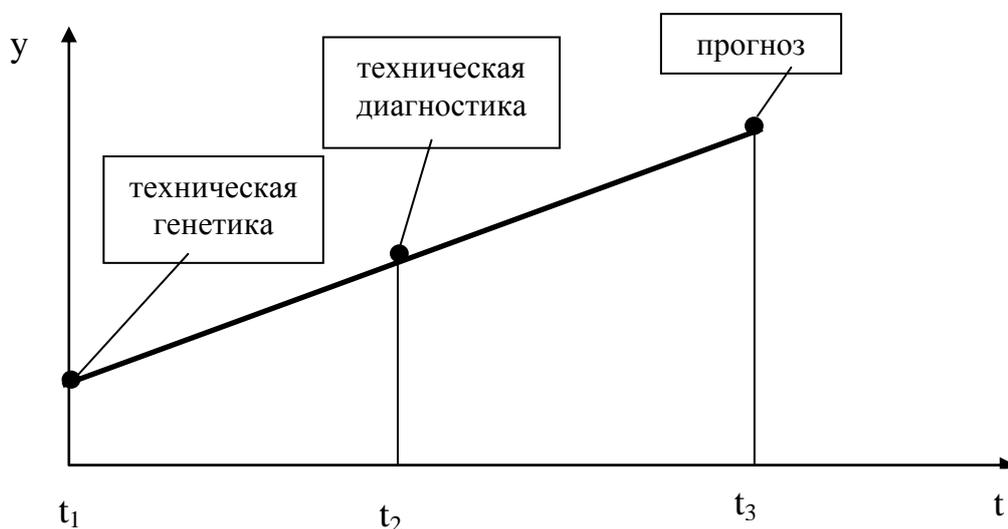


Рис.29. Схема определения технического состояния объекта.

Методы диагностирования

Характеризуются способом измерения и физической сущностью диагностических параметров.

Можно выделить 3 группы методов:

1. По выходным параметрам эксплуатационных свойств (тормозной путь, мощность, расход топлива и др.);
1. По геометрическим параметрам (зазор, ход штока, свободный ход и др.);
2. По параметрам сопутствующих процессов (компрессия, интенсивность тепловыделения и др.).

Средства технического диагностирования (СТД) представляют собой технические устройства, предназначенные для измерения текущих значений диагностических параметров. СТД включают в себя: устройства, задающие тестовый режим, датчики, воспринимающие диагностические параметры и преобразующие их в сигнал, удобный для последующей обработки, измерительные устройства, устройства отображения информации, устройства обработки анализа, хранения и выдачи информации.

Внешние СТД, т. е. не входящие в конструкцию автомобиля, в зависимости от их устройства и технологического назначения бывают стандартными и переносными.

Встроенные (бортовые) – это СТД, входящие в конструкцию автомобиля.

Устанавливаемые СТД – выполняются в виде блока, устанавливаемого на автомобиль периодически, перед его выходом на линию.

Вышеперечисленные СТД различаются также по физической сущности используемых диагностических параметров, по степени воздействия на объект (тестовые воздействия, рабочие режимы), по форме представления информации (звуковая, цифровая, аналоговая, дискретная типа «да - нет», «годен - негоден», с накоплением информации и т.д.), по степени автоматизации и т.д.

Современные СТД должны обеспечивать достоверность и точность измерений, проведение анализа получаемой информации, ее накопление, хранение и выдачу пользователю, возможность обмена информацией между различными видами СТД, возможность формирования единого диагностического комплекса из различных СТД. Важным требованием является соответствие стоимости СТД решаемым задачам.

13.3. Построение рациональных алгоритмов диагностирования

Алгоритм- совокупность последовательных предписаний, действий или система правил, задающая последовательность операций, исполнение которых позволяет решить поставленную задачу (например: технического диагностирования).

Алгоритмы диагностирования бывают безусловными (при установленной очередности предписаний) и условными (при выборе очередного предписания по результатам предыдущего элемента проверки).

Для составления алгоритма применяют операторы действия и операторы логических условий.

Требованием к диагностическому алгоритму является минимизация количества предписаний, повышения скорости, точности диагностирования.

Для определения в сложных случаях возможного набора диагностических параметров и выбора из них наиболее удобных для использования в алгоритме применяют *структурно-следственную схему* механизма. Она представляет собой граф-модель, увязывающая в единое целое основные элементы механизма, характеризующие их структурные параметры, перечень характерных неисправностей, подлежащих выявлению, набор возможных для использования диагностических параметров и диагностических средств их измерения.

На основании структурно-следственной схемы разрабатывают диагностическую матрицу, представляющую собой двузначную логическую модель, описывающую связи между структурными и диагностическими параметрами, достигшими допустимой величины. Диагностическая матрица является основой для автоматизированных логических устройств и алгоритмов диагностирования.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о задачах диагностирования.
2. Что включает в себя постановка диагноза?
3. Расскажите о классификации методов диагностирования.
4. Расскажите о классификации средств диагностирования.
5. Расскажите о видах алгоритмов диагностирования.

Ключевые слова

1. Диагностирование
2. Прогнозирование
3. Генезис
4. Постановка диагноза
5. Процесс диагностирования
6. Методы диагностирования
7. Средства технического диагностирования
8. Алгоритмы
9. Структурно-следственная схема объекта
10. Диагностическая матрица

ЛИТЕРАТУРА

[5] стр. 79-88; [3] стр. 60-70; [9] стр. 13-17, 21-25

Тема- 14. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ УЗЛОВ И СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- 14.1. Диагностика тормозной системы.
- 14.2. Диагностика рулевого управления.
- 14.3. Диагностика внешних световых приборов, состояния лобовых стекол, стеклоочистителей, стеклоомывателей.
- 14.4. Диагностика шин, колес, ходовой части и подвески.

14.1. Диагностика тормозной системы

Процесс торможения обладает свойствами эффективности, которые характеризуют способность тормозной системы создать сопротивление движению и устойчивости, которая характеризует способность АТС сохранять при торможении заданное направление скорости и заданную ориентацию осей. Показатели тормозных свойств определяются при дорожных и стендовых испытаниях.

Так, для контроля эффективности торможения при дорожных испытаниях измеряется тормозной путь и установившееся замедление, а при стендовых – общая удельная тормозная сила и время срабатывания тормозной системы. Для контроля устойчивости при дорожных испытаниях измеряют линейные отклонения звена АТС, а при стендовых испытаниях – коэффициент неравномерности тормозных сил колес оси K_H , коэффициент совместимости звеньев автопоезда K_C и асинхронность времени срабатывания тормозного привода $\Delta\tau$.

$$K_H = \left| \frac{P_{т.пр} - P_{т.лев}}{P_{т.пр} + P_{т.лев}} \right| \quad (43)$$

где $P_{т.лев}$ и $P_{т.пр}$ – тормозные силы правого и левого колеса оси.

$$K_C = \frac{\gamma_{mn}}{\gamma_{mt}} \quad (44)$$

где γ_{mn} и γ_{mt} – удельные тормозные силы тягача и прицепа.

$$\Delta\tau = \left| \tau_{срmt} - \tau_{срmn} \right| \quad (45)$$

где $\tau_{сртт}$ и $\tau_{сртп}$ - время срабатывания тормозных систем тягача и прицепа.
Для стендового контроля тормозных свойств используются стенды силового и инерционного типа, площадочные и барабанные.

14.2. Диагностика рулевого управления

Для рулевого управления нормируется величина люфта рулевого колеса (10° для легковых, 20° для автобусов и 25° - для грузовых автомобилей). Вращение рулевой колонки должно проходить плавно, без рывков, заеданий, самопроизвольных движений. Не допускается не предусмотренные конструкцией относительные перемещения деталей и узлов рулевого управления. Для контроля рулевого управления применяют люфтомеры, стенды с поворотными площадками.

14.3. Диагностика внешних световых приборов, состояния лобовых стекол, стеклоочистителей, стеклоомывателей.

Для внешних световых приборов проверяется соответствие их количества, расположения и углов видимости ГОСТ 8709.

Для проверки и регулировки направления распространения света фар применяют специальные экраны с разметкой или приборы для проверки света фар. Последними можно так же измерять силу света. Сила света парных фонарей одного назначения не должна отличаться более чем 2 раза. Работа боковых указателей поворота, проверяется универсальным измерителем времени.

АТС так же должно быть снабжено стеклоочистителями и стеклоомывателями, обеспечивающими вытирание очищаемой поверхности не более чем за 10 двойных ходов в минуту для автобусов и за 5 – для остальных АТС.

Лобовые стекла не должны иметь трещин, дополнительных предметов, уменьшающих обзорность.

Для измерения их светопропускания используют приборы – люксометры.

14.4. Диагностика шин, колес, ходовой части и подвески.

Большое влияние на безопасность движения (БД) оказывают шины и колеса. Остаточная высота протекторов должна быть не менее:

- для легковых автомобилей – 1,6 мм,
- для грузовых автомобилей – 1,0 мм,
- для автобусов – 2,0 мм.

Не допускаются местные повреждения шин, обнажающие корд и местные отслоения протектора. Нельзя устанавливать на одну ось шины разных моделей.

Имеются ограничения в использовании восстановленных шин на некоторых категориях АТС.

Отрицательно сказываются на управляемость и курсовую устойчивость износ деталей подвески. Изменение упругих, деформирующих и несущих характеристик подвески приводит также к ухудшению комфортабельности и плавности хода. Для диагностики работы подвески используют стенды площадочного типа, которые создают тестовое воздействие на объект диагностирования и по отклику на это тестовое воздействие определяют техническое состояние подвески.

Износ деталей подвески также приводит к нарушению геометрии установки мостов автомобиля. Геометрия установки мостов также проверяется стендовым контролем.

Для проверки и регулировки углов установки управляемых колес используется широкий спектр стендов, которые подразделяются на статические и динамические. Статические классифицируются на оптические, электрические, механические, а динамические – на роликовые и площадочные.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите узлы и детали, влияющие на безопасность движения.
2. Расскажите о нормативной базе для контроля узлов и деталей, обеспечивающих безопасность движения.
3. Перечислите критерии для оценки устойчивости торможения.
4. Расскажите о влиянии подвески на свойства автомобиля.
5. Каковы нормативы остаточной глубины протектора шин автомобилей.

Ключевые слова

1. Эффективность торможения
2. Устойчивость торможения
3. Тормозной путь
4. Установившееся замедление
5. Коэффициент неравномерности тормозных сил
6. Коэффициент совместимости звеньев
7. Асинхронность времени срабатывания
8. Стенд для контроля тормозных свойств.
9. Относительное перемещение деталей рулевого управления
10. Люфтомер
11. Направление светового потока фар
12. Люксометр
13. Остаточная высота протектора
14. Демпфирующие свойства подвески
15. Геометрия установки мостов
16. Стенды для проверки подвески
17. Стенды для проверки углов установки управляемых колёс
18. Узлы и детали, влияющие на безопасность движения

ЛИТЕРАТУРА

[1] стр. стр. 38-105; [9] стр. 330-379; [3] стр.80-159
[7] стр. 62-239; [8] стр. 131-203

Тема- 15. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- 15.1. Методы диагностики тяговых качеств.
- 15.2. Диагностические параметры тяговых качеств.
- 15.3. Конструкция стендов для проверки тягово - экономических качеств.
- 15.4. Методы бесстендовой диагностики тягово - экономических качеств.
- 15.5. Экологические нормативы.
- 15.6. Диагностика трансмиссии.

15.1. Методы диагностики тяговых качеств.

Применяют ходовые испытания, стендовый контроль и диагностику при помощи переносных приборов.

Интенсивность разгона (приемистость) определяют путём оценки ускорения при резком открытии дроссельной заслонки на автомобиле, движущемся с определённой начальной скоростью. Аналогичным путём определяют выбег (путь автомобиля по инерции) от максимальной скорости до нулевой по цвету отработавших газов судят о составе рабочей смеси и угаре масла. На ходу автомобиля оценивают работу трансмиссии (сцепления, коробки передач, карданной передачи и главной передачи). Объективная оценка технического состояния автомобиля может быть получена по результатам диагностирования с применением специальных технических средств – стационарных стендов и переносного оборудования.

15.2. Диагностические параметры

Примеры диагностических параметров, определяемые при различных видах диагностики:

При стендовом контроле:

- 1) Тяговая сила на колесах;
- 2) Мощность на колесах, мощность двигателя;
- 3) Максимальная скорость;
- 4) Приемистость;
- 5) Время разгона;
- 6) Путь разгона;
- 7) Путь и время наката (выбега);

При ходовых испытаниях.

- 1) Максимальный подъем, преодолеваемый на различных передачах;
- 2) Максимальный подъем, преодолеваемый на низшей передаче;
- 3) Максимальное усилие на крюке (буксирование).

При ходовых испытаниях могут так же применяться и диагностические параметры, перечисленные в предыдущем пункте.

Переносными приборами.

- 1) Токсичность отработавших газов;
- 2) Уровень шума, виброакустические параметры;
- 3) Расход масла;
- 4) Состав картерного масла (спектральный анализ, твердые частицы);
- 5) Герметичность рабочих объемов.

15.3. Конструкция стендов для проверки тягово - экономических качеств.

Стенд для проверки тягово-экономических качеств состоит из опорного и нагрузочного устройств, пульта управления и индикации, устройства отвода газов, страховочных и дополнительных устройств.

Опорное устройство состоит из блоков роликов, устройства въезда – выезда, инерционных масс и нагрузочного устройства.

Нагрузочные устройства бывают:

- а) Механические.
- б) Гидравлические.
- в) Электрические (постоянного и переменного тока).
- г) Электромагнитные (индукционные).

Страховочные устройства повышают безопасность проведения испытаний – боковые упоры (отбойные ролики), упорные башмаки или упоры с механическим приводом дополнительные устройства, например, осуществляют обдув с целью охлаждения двигателя.

15.4. Методы бесстендовой диагностики тягово - экономических качеств.

В связи с большой стоимостью, необходимостью производственной площади для стендов в настоящее время получили большое распространение методы диагностики тягово-экономических качеств без использования стендов. Можно выделить основные типы такой диагностики:

- а) по составу картерного масла (спектральный анализ);
- б) по составу выхлопа отработавших газов;
- в) по виброакустическим параметрам;
- г) по герметичности рабочих объемов (компрессия, разряжение, потеря давления сжатого воздуха, прорыв картерных газов);
- д) по температурным характеристикам.

Реализуют метод определения мощности двигателя по его разгонной характеристике без нагрузки (при увеличении числа оборотов двигателя с \min устойчивой на холостом ходу до \max возможной).

$$M_e = I \frac{d\omega}{dt} \quad (46)$$

$$N_e = M_e \cdot \omega = I \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega = I \varepsilon \omega \quad (47)$$

M_e - эффективный момент двигателя;

N_e - эффективная мощность двигателя;

ε - угловое ускорение;

ω - значение частоты вращения коленчатого вала, при которой измеряется ε ;

I - приведенный к оси коленчатого вала момент инерции движущихся масс.

15.5. Экологические нормативы.

Нормативы по содержанию вредных веществ в отработавших газах автомобильных двигателей содержатся в ГОСТ 17.22.03–87 и ГОСТ 21393–75. Имеются международные стандарты, нормирующие содержание вредных веществ в отработавших газах – правила «ЕВРО».

Измерение величин вредных выбросов проводят при помощи газоанализаторов и дымомеров.

Газоанализаторы основывают свое действие на анализе поглощения выхлопными газами определенного спектра инфракрасного измерения. Дымомеры анализируют оптическую плотность выхлопа.

15.6. Диагностика трансмиссии

Общий анализ работы узлов трансмиссии проводят при стендовом контроле, определяя время выбега (наката).

Дальнейшая локализация ведется при помощи люфтомера, измерением суммарного углового зазора. Существуют также методы контроля по составу картерных масел, по сравнению частоты вращения валов (стробоскопированию), по величинам биений и прогибу валов, измеряемым индикаторными устройствами.

Перспективно тепловое диагностирование, когда в качестве диагностических параметров используют закономерности изменения температуры при постоянном нагружении на динамометрическом стенде.

Контрольные вопросы

- 1.Расскажите об устройстве стендов для проверки тягово-экономических свойств.
- 2.Какие диагностические параметры для проверки тягово-экономических свойств вы знаете?
- 3.Как классифицируются методы диагностики тягово-экономических качеств?
- 4.Перечислите приборы, контролирующие содержание выхлопных газов автомобильного двигателя.
- 5.Расскажите о бесстендовой диагностике.

Ключевые слова

- 1.Методы диагностирования тяговых качеств
- 2.Диагностические параметры тягово-экономических свойств
- 3.Стенд для проверки тяговых свойств
- 4.Бесстендовая диагностика тягово-экономических качеств
- 5.Газоанализатор
- 6.Дымомер
- 7.Диагностика трансмиссии
- 8.Экологические нормативы и правила
- 9.Типы нагрузочных устройств стендов для проверки тягово-экономических свойств

ЛИТЕРАТУРА

- [1] стр.130-201 [2] стр.192-194

Тема-16. ВСТРОЕННЫЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

16.1. Встроенные (бортовые) средства технического диагностирования (СТД).

16.2. Устанавливаемые средства технического диагностирования (УСТД).

16.3. Информационно - советующие системы.

16.4. Эффективность технической диагностики.

16.1. Встроенные (бортовые) средства технического диагностирования (СТД)

Встроенные СТД входят в конструкцию автомобиля. Обычно они состоят из датчиков, воспринимающих диагностические параметры и преобразующих их в сигналы, подходящие для измерения, измерительных устройств, устройств анализа и хранения информации (обычно это микропроцессорные блоки или бортовой компьютер), визуализирующих устройств, устройств для съема диагностической информации внешними СТД, а также линий связи. Часто диагностическая информация также используется в системах управления автомобилем. При этом системы управления получают эту информацию через специальные микропроцессорные блоки, либо от бортового компьютера, являющегося на сегодняшний день важнейшей составной частью автомобиля и выполняющего очень много функций.

Встроенные СТД позволяют постоянно в процессе эксплуатации контролировать состояние узлов и систем автомобилей, уменьшать трудоемкость последующей диагностики внешними СТД, уточнять периодичности проведения ТО.

В последнее время получили развитие встроенные СТД, которые способны прямо в процессе эксплуатации передавать диагностическую информацию на специальные диспетчерские пункты, что способствует улучшению контроля за техническим состоянием систем и узлов автомобиля и протеканием рабочих процессов.

16.2. Устанавливаемые средства технического диагностирования (УСТД)

Устанавливаемые СТД выполняются в виде блока, который устанавливают на ТС перед выездом автомобиля на маршрут и снимают после его заезда с линии. Информация этого блока в последующем может быть обработана и

проанализирована. Примером УСТД является блок, записывающий информацию об объемах и количества заправках при работе автомобиля.

16.3. Информационно - советующие системы.

В последнее время на базе встроенных систем контроля получают распространение информационно - советующие системы. Они позволяют водителю выбирать наиболее экономичный режим движения автомобиля, наиболее рациональный маршрут, планировать сервисное обслуживание, а также вносить в вышеперечисленное коррективы, отображающие изменения различных технико-экономических факторов – от расположения СТД и наличия в них требуемых запасных частей до колебаний курса валют и стоимости топлива на различных заправках.

При этом используется большое количество информации, получаемой, в том числе посредством электронного обмена данными, интернета.

16.4. Эффективность технической диагностики.

Решение о целесообразности приобретения и внедрения средств диагностирования принимается на основе величины годового экономического эффекта, определяемого на годовой объем автотранспортного производства в расчетном году.

За расчетный год принимают второй календарный год использования средств диагностирования.

Годовой экономический эффект от внедрения комплекса средств диагностирования представляет собой суммарную экономию всех производственных ресурсов (живого труда, материалов, капитальных вложений), которую получит АТП в результате применения средств диагностирования.

При определении годового экономического эффекта диагностирования должна быть обеспечена сопоставимость сравниваемых вариантов (без диагностирования и с диагностированием) по:

- объему производимой работы с помощью новых средств диагностирования;
- фактору времени;
- социальным факторам производства, связанным с использованием средств диагностирования, включая обеспечение, улучшение условий и безопасность труда ремонтных рабочих, снижение токсичности выбрасываемых в атмосферу отработавших газов и др.

Для всестороннего отражения экономической эффективности применения диагностирования следует при расчетах определить: годовой экономический эффект, снижение себестоимости, прирост прибыли, экономию материалов, энергоносителей, срок окупаемости капитальных вложений, численность условно высвобождаемых ремонтных рабочих.

Численность условно высвобождаемых ремонтных рабочих определяется отношением планируемого уменьшения трудозатрат к фонду рабочего времени за тот период, на который планируется данное уменьшение.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о преимуществах встроенных систем диагностирования
2. Для чего нужны информационно -советующие системы?
3. Приведите пример устанавливаемых средств диагностики
4. Как определяется экономическая эффективности диагностики?
5. Расскажите о роли бортового компьютера в диагностировании автомобилей

Ключевые слова

- 1.Встроенные системы диагностирования
- 2.Микропроцессорный блок
- 3.Датчик
- 4.Визуализирующие устройства
- 5.Линии связи
- 6.Измерительные устройства
- 7.Устанавливаемые средства технического диагностирования
- 8.Информационно-советующие системы
- 9.Экономическая эффективность диагностики.

ЛИТЕРАТУРА

[1] стр.

[3] стр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник для вузов . Под ред. Г.В. Крамаренко. 2 в изд. перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1983. 487с.
2. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник для вузов . Под ред. Е.С.Кузнецова. 3 изд. перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1991. 413с.
3. Мирошников Л.В. и др. Диагностирования технического состояния автомобиля на автотранспортных предприятиях. М.: Транспорт,1977
4. Шейнин А.М. и др. Эксплуатация дорожных машин, 1992.
5. Борц А.Д., Закин Я.Х., Ю.В. Иванов Ю.В. "Диагностика технического состояния автомобиля". М: Транспорт 1979.-158 с.
6. Проников А.С. "Надежность машин" М.: Машиностроение 1978. -593с.
7. Авдонкин Ф.Н. "Теоретические основы технической эксплуатация автомобилей" М.: Транспорт 1985. -215 с.
8. Биргер И.А. Техническая диагностика .
9. Технические средства диагностирования, справочник 1989 . стр.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Тема	Наименование	Час.	Стр.
1.	ВВЕДЕНИЕ	2	3
2.	ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	2	6
3.	ПОНЯТИЕ О СТАРЕНИИ И ИЗНАШИВАНИИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	2	9
4.	СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ	2	13
5.	ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКАЗОВ	2	19
6.	ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ	2	25
7.	ИСПЫТАНИЕ ИЗДЕЛИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	2	29
8.	СБОР И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	2	34
9.	ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ НАДЕЖНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	2	37
10.	ЗАДАЧИ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ДИАГНОСТИКИ	2	44
11.	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ	2	46
12.	ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИМПТОМЫ, ПАРАМЕТРЫ И НОРМАТИВЫ	2	50
13.	ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ	2	56
14.	ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ УЗЛОВ И СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	4	60
15.	ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	2	63
16.	ВСТРОЕННЫЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ	2	67
	Литература	-	70

